



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

DISEÑO DE UN CUADRO DE BICICLETA DE MONTAÑA

Javier Garcia Romeo

Ignacio Latorre Biel

Tudela, 15 Julio de 2010



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

DISEÑO DE UN CUADRO DE BICICLETA DE
MONTAÑA

MEMORIA

Javier Garcia Romeo

Ignacio Latorre Biel

Tudela, 15 Julio de 2010

MEMORIA

Diseño de un cuadro de bicicleta de montaña
Javier Garcia Romeo

INDICE:

1. Objeto del proyecto

1.1 Objeto del proyecto	5
1.2 Objetivos del proyecto	6

2. Componentes de una bicicleta de montaña 7

2.1 Sillín	8
2.2 Tija	8
2.3 Cuadro	8
2.4 Potencia	8
2.5 Horquilla	8
2.6 Cubierta	8
2.7 Disco de freno	8
2.8 Pinza freno de disco	8
2.9 Amortiguador trasero	9
2.10 Pedal	9
2.11 Bielas y platos	9
2.12 Cadena	9
2.13 Cambio trasero	9
2.14 Coronas	9
2.15 Llanta	9
2.16 Desviador	10
2.17 Cierre tija – cuadro	10
2.18 Conjunto manillar	10
2.19 Manillar	10
2.20 Puños	10
2.21 Maneta freno delantero	10
2.22 Latiguillo freno	10
2.23 Maneta cambio desviador	10
2.24 Fundas y siergas de cambio	10
2.25 Maneta de freno trasero	11
2.26 Maneta de cambio trasero	11

3. Historia de la bicicleta de montaña y su desarrollo 12

3.1 Orígenes de la bicicleta de montaña	12
3.2 El nacimiento de un nuevo tipo de bicicleta	12
3.3 Tom Ritchey, Gary Fisher y Mike Sinyard	13
3.4 Campagnolo y Shimano	14
3.5 Trek	15

4. Tipos de bicicleta de montaña 16

4.1 Rally	16
4.2 Maratón	16
4.3 All mountain	17
4.4 Descenso	17

4.5 Freeride	18
4.6 Dirt Jump	18
5. Materiales utilizados en la fabricación de cuadros de bicicletas de montaña	20
5.1 Acero	20
5.2 Cromoly	20
5.3 Titanio	21
5.4 Scandium	21
5.5 Aluminio	22
5.5.1 Propiedades del aluminio	22
5.5.2 Aleaciones del aluminio	23
5.5.3 Designación para los grupos de aleaciones de aluminio	23
5.5.4 Aleaciones utilizadas para la construcción de cuadros de bicicleta de montaña	23
5.6 Fibra de carbono	25
5.6.1 La estructura de las fibras de carbono	26
5.6.2 Tipos y propiedades de las fibras de carbono	27
5.6.3 Comparativa de fibras	28
5.6.4 Resinas epoxi utilizadas con la fibra de carbono	29
6. Sistemas de suspensión trasera.	31
6.1 Sistemas monopivote	31
6.1.1 Monopivotes	31
6.1.2 Monopivotes con bieleta	31
6.2 Sistema de paralelogramo deformable	32
6.2.1 Sistema Faux bar	32
6.2.2 Sistema Horst Link	33
6.3 Sistema de pivote virtual (VPP)	34
7. Características que debe cumplir el diseño de la bicicleta	36
7.1 Datos de la población en España	36
7.2 Características del uso de la bicicleta a diseñar	36
8. Elección del tipo de bicicleta y material con el cual estaría hecho el modelo	37
8.1 Elección del tipo de bicicleta	37
8.2 Elección del material	37
8.3 Elección del sistema de suspensión	37
9. Diseño del cuadro mediante Solid Edge (Software 3D)	38
9.1 Geometría	38
9.1.1 Triángulo delantero	38

9.1.2 Basculante trasero	40
9.2 Diseño 3D del cuadro	43
10. Simulaciones de carga y fatiga del cuadro diseñado mediante software informático	56
11. Realización del prototipo	57
11.1 Prototipado rápido de los moldes y piezas.	58
11.2 Pegado de moldes y recubrimiento con fibra de carbono	59
11.3 Repaso de moldes y piezas recubiertas con fibra	61
11.4 Montaje del cuadro	62
11.5 Acabado final	63
12. Etapas y plazos de ejecución	68
13. Resumen del presupuesto	69
14. Conclusiones	70
15. Bibliografía	71
15.1 Libros	71
15.2 Revistas y otras publicaciones	71
15.3 Páginas Web	72

1. Objeto del proyecto.

1.1 El objeto del proyecto

El objeto del proyecto que a continuación se expone es el diseño de un cuadro de una bicicleta de montaña. El motivo principal que me ha llevado a esta elección ha sido el poder desarrollar y diseñar una bicicleta de montaña de doble suspensión, eliminando los rodamientos traseros y sustituyéndolos por un material flexible, además de que la bicicleta tenga un diseño innovador. En este proyecto se siguen todos los pasos de un proyecto de diseño, que son los siguientes:

1º Tipo de producto. Decidimos sobre que producto vamos a trabajar.

2º Estudio de mercado. Una vez decidido el producto comenzamos haciendo un estudio de mercado, analizando las diferentes marcas de bicicletas, modelos que nos ofertan, materiales y precios.

3º Necesidades de los clientes potenciales. Después de ello y tener toda la información sobre el mercado, comenzamos con la recogida de información sobre los materiales que utilizaríamos en caso de producir nuestro diseño y sacarlo a la venta.

4º Bocetos del diseño. Con todo lo anterior comenzamos haciendo unos bocetos de como queremos que sea nuestro diseño, estos están expuestos a continuos cambios, ya que muchas veces durante el desarrollo del proyecto se hacen cambios.

5º Geometría. Definimos la geometría que tendrá nuestro diseño, basándonos en el uso al que va destinado, ya que no es lo mismo un cuadro de bicicleta de montaña destinado a hacer rutas o una bicicleta de descenso. La geometría viene definida como el conjunto de medidas que definen el cuadro (ángulo, longitudes,..., etc).

6º Diseño 3D. Comenzamos el proceso de dibujo o diseño 3D mediante software 3D, en este caso el programa utilizado es Solid Edge. Durante este proceso nos apoyaremos en la geometría previamente definida, aunque durante esta parte del proyecto se puede ver supeditada a pequeños cambios. En el punto también se irán haciendo prototipos a pequeña escala para ver como sería nuestro producto.

7º Análisis por simulación y rediseño. Una vez realizado todo el proceso anterior y ya tenemos terminado el diseño 3D del producto se procede a efectuar las simulaciones en ordenador, con las propiedades mecánicas de los materiales elegidos anteriormente. Obtenemos unos resultados y a consecuencia de ellos nuestro modelo se puede ver expuesto a cambios por ejemplo en el espesor de los tubos, ya que en un lugar podemos ver que se va a romper y añadiéndole un poco más de material no romperá, todo ello apoyado en el software de simulación, en nuestro caso será Ansys.

8º Fabricación de un prototipo. En este momento comienza el desarrollo del prototipo utilizando diferentes máquinas y procesos manuales. Además de todo ello también se preparan diferentes presentaciones gráficas de como podría ser nuestro prototipo final. Después de obtener el prototipo se le da un acabado final para poder presentarlo.

1.2 Objetivos del proyecto

Continuando el tema del proyecto ya expuesto anteriormente y después de comentar lo pasos que va a seguir el proceso de diseño del cuadro de bicicleta de montaña, comienzo a enumerar los objetivos del proyecto:

El primero de ellos y uno de los más importantes sería desarrollar todo el proceso que conlleva un proyecto de diseño de un producto, en mi caso un cuadro para bicicleta de montaña.

El segundo, el diseño de un sistema de suspensión innovador .Además el estudio de la utilización de materiales que sean capaces de doblarse un cierto grado, en sustitución de los rodamientos, sin llegar a romperse y aguantar un número elevado de flexiones para ser utilizado como sistema de suspensión trasero en caso de ser viable técnica y tecnológicamente.

El tercero, en el caso de decantarnos por un cuadro de bicicleta de doble suspensión eliminar los casquillos y rodamientos que el cuadro lleva cerca del eje de pedalier, donde el basculante trasero tiene el punto de giro principal. Lo bueno sería sustituir todo ese sistema por el expuesto en el segundo punto ya que ese lugar de la bicicleta esta continuamente expuesto a agentes externos que pueden alterar su correcto funcionamiento.

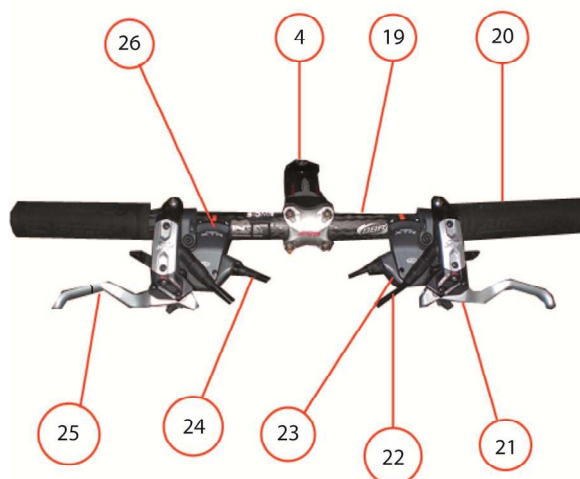
El cuarto, la selección de materiales ligeros que sean capaces de soportar tensiones elevadas y fuerzas elevadas a su vez, además de las generadas por el peso de la persona que va montada encima de la bicicleta, estos materiales podrían ser el aluminio, fibra de carbono,....,etc.

El quinto, resolver los diferentes problemas que se presentan a lo largo del desarrollo del proyecto como pueden ser: problemas con el material seleccionado, problemas con la secciones de las tubos que componen el cuadro.

2. Componentes de una bicicleta de montaña

Antes de comenzar con los antecedentes, la historia de la bicicleta de montaña, de este proyecto que se va a llevar a cabo, se procederá a nombrar y descubrir todas las piezas que constituyen una bicicleta de montaña, así ponemos en contexto diferentes nombres que a lo largo del proyecto aparecerán varias veces y de modo que para el lector inexperto en este tema, por lo menos, tenga unas nociones básicas de que nombre recibe cada componente de una bicicleta de montaña.

Una bicicleta está compuesta por diferentes partes o piezas que se enumeran a continuación, el segundo número de cada apartado es el número de la pieza señalada:



2.1 Sillín. Está compuesto por dos partes a su vez, los raíles que es la parte que se agarra a la tija, y el sillín. Los raíles están hechos normalmente de acero, aluminio, titanio ó fibra de carbono, siendo estos dos últimos los materiales utilizados en la gama alta.

2.2 Tija. Es el componente que conecta el sillín con el resto de la bici, permite regular la altura a la que se coloca el sillín dependiendo de la estatura del usuario de la bicicleta. De este componente podemos encontrar diferentes tamaños en el mercado, tanto de diámetro de tubo como de longitud. Además de diferentes materiales, tales como: acero, aluminio, titanio, fibra de carbono y Scandium.

2.3 Cuadro. Parte principal de la bicicleta, o estructura sobre la cual se van montando las diferentes partes o piezas que la componen. Existen básicamente dos tipos de cuadros, atendiendo a si llevan suspensión trasera o no: rígidos y dobles. Esta parte de la bicicleta podemos encontrarla en el mercado hecha con acero, aluminio, fibra de carbono o titanio, siendo el aluminio el material más utilizado y utilizado hoy en día, aunque la fibra de carbono comienza a introducirse en el mercado.

2.4 Potencia. Pieza que se utiliza para mantener la horquilla y el manillar sujetos al cuadro, de este componente al igual que en el caso de la tija podemos encontrar diferentes medidas tanto de longitud, como de ángulo de inclinación. Las potencias pueden estar hechas de acero, aluminio, Scandium, fibra de carbono y fibra de carbono.

2.5 Horquilla. Una de las piezas más importantes de la bici ya que en ella se coloca la rueda delantera y se fija mediante un cierre rápido. Esta pieza está compuesta a su vez de muchas otras. Su misión es la de amortiguar los posibles obstáculos que nos encontramos en un camino, así como absorber la fuerza que se ejerce en el frenado al utilizar el freno delantero. Normalmente las botellas (parte móvil) están hechas de algún metal recubierto con un baño protector, para evitar que se rayen y aumente su durabilidad. La parte fija o cuerpo está hecho con aluminio o acero, aunque también se pueden encontrar hechas con fibra de carbono. El tubo de dirección está hecho normalmente de aluminio o de fibra de carbono. Las horquillas pueden ser mecánicas (con elastómeros y muelles), con aceite, con aire y una combinación de aire y aceite.

2.6 Cubierta. Parte de la bicicleta que se coloca en la llanta, está hecha de caucho al igual que las ruedas de una moto o un automóvil, aunque su tamaño sea más pequeño (diámetro 26 pulgadas) y su grosor también, aunque de este último podemos encontrar varios según sea la bicicleta y para que uso.

2.7 Disco de freno. Componente de la bicicleta utilizado como superficie para frenar la bici al accionar los frenos, normalmente suelen estar hechos de aceros aleados, ya que son piezas que están continuamente expuestas a cambios de temperatura debido al roce de las pastillas de freno. Existen diferentes diámetros, que van desde los 140 mm hasta los 220 mm, que dependen del uso de la bicicleta, aunque el tamaño más extendido es el de 160 mm.

2.8 Pinza freno de disco. Componente donde llega la fuerza transmitida desde la maneta de freno hasta las pastillas. La transmisión de esta fuerza se puede hacer bien de manera mecánica (mediante una sierra) o mediante una fuerza ejercida por un fluido

(frenos hidráulicos), normalmente aceite, siendo estos últimos los más usados ya que accionan los pistones que mueven las pastillas de freno a cada lado y transmiten más fuerza que los de sierva.

2.9 Amortiguador trasero. Componente que se utiliza al igual que la horquilla delantera para absorber las imperfecciones del terreno o irregularidades. Hay diferentes tamaños dependiendo del tipo de bici y del uso. Normalmente funcionan con aire o aceite o una combinación de las dos.

2.10 Pedal. Existen dos tipos: los normales y los automáticos. Los pedales normales son los que todos conocemos y que cualquier bici que veamos por la calle llevan, y los automáticos son los pedales en los que la zapatilla que se utiliza es especial, lleva colocada una pieza de acero o aluminio llamada cala, que es el elemento que mantiene la zapatilla unida al pedal. Los pedales normalmente suelen ser de acero, aluminio, titanio ó fibra de carbono aunque llevan diferentes piezas hechas con estos materiales, también se pueden encontrar hechos en fibra de carbono y titanio. Los pedales están unidos a las bielas mediante una unión roscada.

2.11 Bielas y platos. Partes que se coloca en el eje de pedalier, los platos están unidos a las bielas mediante cuatro o cinco tornillos allen. Estas piezas se utilizan para transformar la fuerza que ejercemos con las piernas en un movimiento circular que transmite la fuerza a la rueda trasera mediante una cadena que engrana en los platos y los piñones. Normalmente las bielas están hechas con acero, aluminio, titanio ó fibra de carbono. Y los platos en aleaciones de acero, acero y componente cerámicos.

2.12 Cadena. Pieza que está compuesta por la unión de unos eslabones mediante unos bulones, es de acero y se utiliza para transmitir la fuerza que ejercemos al pedalear a la rueda trasera donde engrana con los piñones o coronas.

2.13 Cambio trasero. Es el elemento o parte de la bicicleta que tiene como principal misión el cambio de marcha o de corona, según sea la marcha que llevemos con la bicicleta o del terreno por el que circulemos. Normalmente están hechos de aluminio, titanio o composites. Además de llevar un muelle en su interior que es el que facilita sus movimientos. Esta colocado en la parte trasera, donde hay una rosca para atornillar el cambio mediante un tornillo allen.

2.14 Coronas o piñones. Es la parte que colocada en el cassette, parte de la rueda trasera que permite transmitir la potencia de los piñones a la rueda, de la rueda trasera transmite el movimiento a la misma para poder mover la bicicleta. Están hechos de aceros aleados, ya que es uno de los componentes de la bicicleta que más desgaste soporte debido al rozamiento con la cadena y agentes externos como barro, polvo,..., etc.

2.15 Llanta. Componente de la bicicleta que junto con los radios y el buje conforma la rueda, la llanta es el componente de la bicicleta donde se monta la cubierta, normalmente suelen estar fabricadas en acero, aluminio, materiales cerámicos y fibra de carbono, siendo este último material el que se ha introducido en el mercado hace menos de un año.

2.16 Desviador o cambio delantero. Es el elemento que se sujeta en el cuadro mediante una abrazadera metálica y su misión es la de cambiar de plato. Normalmente esta hecho de los mismos materiales que el cambio trasero, dependiendo del dinero que cueste o gama en la que este situada dentro del mercado.

2.17 Cierre tija – cuadro. Es el elemento que se utiliza para fijar la tija en el cuadro, se sujeta mediante un tornillo allen que se aprieta para mantener en una posición fija la tija. Estos cierres suelen estar fabricados en aceros o aleaciones de diferentes metales, además de titanio. En los cuadros de carbono y tijas de carbono hay que tener especial cuidado porque si al apretar nos pasamos podemos romper el cuadro y la tija.

2.18 Conjunto manillar. Compuesto por manillar, manetas de freno, manetas de cambio, puños, latiguillos de freno y siergas de cambio.

2.19 Manillar. Pieza que se sujeta a la potencia y en ella se colocan las manetas de freno y cambio, además de unos puños para mejorar el agarre de las manos al manillar. Con ello conseguimos dirigir la bici. Normalmente la mayoría están hechos con aluminio, aunque también hay de acero, titanio, aluminio, Scandium ó fibra de carbono. Siendo de fibra de carbono el de la foto donde se puede distinguir las fibras.

2.20 Puños. Elemento que se coloca en el manillar para mejorar el agarre de la mano al mismo, normalmente son de diferentes tipos de plásticos gomosos o plásticos con aspecto espumoso.

2.21 Maneta de freno delantero. Pieza utilizada para accionar los frenos, hay diferentes tipos de manetas dependiendo del tipo de freno utilizado: frenos de zapata, frenos de disco mecánicos y frenos de disco hidráulicos. Normalmente la mayoría de sus piezas suelen estar hechas con diferentes aluminios, aunque pueden llevar alguna parte de plástico.

2.22 Latiguillo de freno. Es el elemento con forma de pequeño tubo por el cual va la sierga hasta el freno en el caso de los frenos de zapata o de disco mecánicos, o el fluido en el caso de los frenos de disco hidráulicos. Los latiguillos suelen estar fabricados en plástico.

2.23 Maneta cambio desviador. Es la pieza que al accionar una de sus palancas podemos cambiar de marcha bien, bajar marchas o subir. La carcasa de las manetas de cambio suelen estar fabricadas en plástico o en composites, los elementos interiores en diferentes aleaciones metálicas y las palancas en plástico o en metales como titanio o aluminio, siendo estos dos utilizados únicamente en las gamas altas. Funciona de manera igual a la maneta de cambio trasero pero la única diferencia es que la maneta delantera solo está diseñada para tres posiciones y el trasero para 7,8,9 o 10 dependiendo del cambio que llevemos.

2.24 Fundas y siergas de cambio. Elementos que transmiten el accionamiento de las manetas de cambio al desviador y al cambio trasero. La sierga es la parte metálica que transmite dicho movimiento y la funda es la parte que la protege de agentes externos

como el barro, polvo,..., etc. Normalmente las siergas suelen ser de acero, que es trenzado en pequeños hilos, y las fundas en plástico.

2.25 Maneta de freno trasero. Idéntica en funcionamiento a la maneta de freno delantero por lo que la componen las mismas piezas, pero simétrica a esta con respecto a la posición media del manillar.

2.26 Maneta de cambio trasero. Idéntica en funcionamiento a la maneta de cambio delantero aunque las diferencias son que puede hacer más cambios, ya que el cambio trasero puede hacer 7, 8, 9 ó 10 movimientos dependiendo siempre del número de piñones o coronas y además es simétrica a la de cambio delantero con respecto a la posición media del manillar.

3. Historia de la bicicleta de montaña y su desarrollo.

3.1 Orígenes de la bicicleta de montaña

La bicicleta de montaña nació en California, Estados Unidos, en la década de 1970, aunque sus orígenes se remontan al año 1933. Debido a la necesidad de conseguir una bicicleta que permitiera su conducción en terrenos agrestes, caminos y montañas, *Ignaz Schwinn* ideó una bicicleta robusta que, muy pronto, se hizo muy popular en los Estados Unidos gracias, en parte, a los repartidores de periódicos: La “*Schwinn Excelsior*”, la primera bicicleta de montaña. En esta época se inventó la llanta ancha, con unas medidas de 26 x 2.125 pulgadas, una llanta que permitía montar una cubierta más ancha por lo que el agarre en superficies de caminos y montañas mejoraba.



3.2 El nacimiento de un nuevo tipo de bicicleta.

Ya en los años 70, cuando nacieron las primeras bicicletas de BMX, surgió en San Francisco una nueva modalidad de competición que cada vez ganaba más adeptos y que comenzó con un grupo reducido de amigos, que principalmente consistía en bajar por la pendiente escarpada de una montaña. Fue en aquel momento cuando cobró de nuevo protagonismo el invento de Schwinn, la robustez de su bicicleta, los materiales pesados con los que estaba construida, la hacían veloz, segura y resistente para la competición en descenso, pero no era todo descenso. A *Joe Breeze, Charlie Kelly, Gary Fisher y Tom Ritchey*, los precursores de la bicicleta de montaña, se les ocurrió colocarle llantas anchas a sus viejas bicis Schwinn Excelsiors, ya que éstas no llevaban ese tipo de llanta, con ello mejoraron el control y mayor velocidad en las bajadas.

En el año 1977 Joe Breeze, todavía siendo un adolescente, monto diez cuadros de *Cromoly* utilizando los mismos principios de geometría que las bicicletas Schwinn Excelsiors. Al ver los cuadros Gary Fisher le pidió a su amigo Tom Ritchey que le hiciera uno para él, siendo este el comienzo de dos empresarios dedicados al mundo de la bicicleta de montaña, Fisher con su propia marca de bicicletas y Ritchey se dedicó a la producción de piezas para bicicletas como manillares, tijas, bielas, potencias,..etc.

En la historia del ciclismo de montaña destacan también otros pioneros como *Mike Sinyard* o *Tim Neenan*, siendo Mike Sinyard el creador del famoso modelo *Stump-*

Jumper de la Marca *Specialized*, todavía en el mercado aunque se ha visto siempre mejorado con el paso de los años. Mike Sinyarden la actualidad es co-propietario de esta marca histórica de la bicicleta de montaña junto con la marca Merida.

3.3 Tom Ritchey, Gary Fisher y Mike Sinyard.

Hoy en día, los tres siguen estando ligados al mundo de la bicicleta de montaña. Comenzando por Gary Fisher, más conocido como uno de los padres del mountain bike, después de que por su pelo largo no le dejarán correr en bicicleta de carretera. Comenzó su andadura en este mundo con Tom Ritchey. Fundó su propia marca, la cual lleva su nombre, y diseñaba las bicicletas el mismo, que más tarde Tom Ritchey le montaría. Cabe destacar que es el inventor de las potencia invertidas, su marca fue una de las primeras en vender bicicletas con suspensión delantera, además de ser el inventor de las bicicletas de montaña con ruedas de 29 pulgadas (la medida normal es de 26 pulgadas). Hoy en día sigue estando ligado a la marca que lleva su nombre, aunque ya no es propietario ya que la vendió al gigante americano Trek.

En el caso de Tom Ritchey, su camino como diseñador y soldador de cuadros de bicicletas comienza de la mano de su amigo Gary Fisher. En sus comienzos soldaba y montaba cuadros para los amigos, pero más tarde fundó su empresa Ritchey Logic, que siempre ha destacado por el uso de la última tecnología en el desarrollo de componentes para bicicletas, tanto de carretera como de montaña. Hace años que dejó de fabricar cuadros, que destacaban por su calidad y por ser de acero aleado de la más alta calidad y más tarde de aleaciones titanio y aluminio. En estos momentos su empresa se dedica solamente a la fabricación de componentes de bicicleta, siendo estos eficaces, fuertes, ligeros y sobrios.

En el caso de Mike Sinyard destaca por ser el diseñador y propietario de la marca que fabricó la primera bicicleta que fue un éxito de ventas, la *Specialized Stump-jumper*, hoy en día la podemos encontrar a la venta, eso sí siempre revisada y rediseñada temporada tras temporada. Hoy en día sigue estando ligado a la marca *Specialized* como asesor, aunque ya no es el propietario ya que vendió la mayor parte de sus acciones *Specialized* al gigante Taiwanes Merida. Las bicicletas *Specialized* destacan por tener un diseño moderno y montar componentes de todas gamas, pero siendo su caballo de batalla las bicicletas de gama alta, muy utilizadas en el mundo de la competición. A continuación mostramos una *Specialized Stump-jumper* actual y la antigua:



Continuando con la historia de la bicicleta de montaña cabe destacar que en 1948, el italiano *Tullio Campagnolo* ideó el cambio trasero para bicicletas de carretera y no fue hasta el año 1974 cuando se usó por vez primera en las bicicletas de montaña. Fueron Russ Mahon, Carter Cox y Bernie Mahon los primeros en participar en una carrera con un cambio trasero incorporado a sus bicicletas y en sólo un año todos los participantes contaban con uno. En cuanto a componentes relacionados con el cambio trasero fue la marca japonesa *Shimano* la que desarrolló la tecnología para esta modalidad y se apoderó de la cuota de mercado de varios fabricantes.

3.4 Campagnolo y Shimano

Tullio Campagnolo fue un empresario italiano que fundó la marca Campagnolo, ligada desde sus comienzos al mundo de la bicicleta, principalmente a la de carretera. Él inventó un sistema revolucionario para el cambio trasero. En el año 1948 inventó el sistema de cambio que hoy en día conocemos y fue en el Tour de Francia de aquel año donde lo dio a conocer. En el año 1950 reinventa el sistema y saca a la venta el primer cambio de paralelogramo, los cambios que podemos ver hoy en día son perfecciones del sistema inventado por Tullio. En aquel momento el grupo, componente de la bicicleta que están relacionados con la transmisión, Campagnolo Record se saca a la venta, destacando que hoy en día podemos encontrar un grupo con ese mismo nombre a la venta, siendo de gama alta. Campagnolo a partir de la década de 1960 también se dedicó durante un tiempo al sector del automóvil, más concretamente al de las llantas de aleación para motos y coches. Destacando que fue la primera empresa en utilizar el chorro de magnesio fundido en tierra.

La historia de Shimano siempre ha estado ligada al mundo de la bicicleta desde sus comienzos en el año 1921. Esta empresa de origen Japonés fue fundada por Shozaburo Shimano y comenzó fabricando engranajes o coronas para ruedas traseras que al dejar de pedalear no hicieran girar los pedales, a partir del año 1931 comenzó su exportación y su crecimiento como empresa. En el año 1956 diseñó, empezó a fabricar y comercializar el primer cambio para bicicleta. Al año siguiente salió al mercado el primer cambio interno, con tres velocidades. De esa manera continuó su desarrollo en el mundo de la bicicleta, comercializando más tarde el Shimano Dura Ace para bicicletas de carretera y el Shimano XTR para bicicletas de montaña. Cabe destacar que Shimano es la empresa que más cambios y componentes relacionados con ellos produce en el mundo, además de frenos, bujes y ruedas. Además hoy en día Shimano tiene empresas dedicadas a otros deportes como la pesca y el piragüismo.

Siguiendo con la historia de la bicicleta, otro mito que revolucionó la conducción en bicicleta de montaña fue la comercialización, a partir del año 1987, de la primera suspensión delantera u horquilla, de la marca Trek, y la primera bicicleta de montaña de doble suspensión, de la misma marca, tres años más tarde. En 1986 los ensayos con materiales ligeros dieron su fruto con los cuadros de aluminio de la marca Gary Fisher, que aligeraban considerablemente el peso de los antiguos cuadros de acero, ya que las bicis de montaña superaban, a veces con creces, los 15 kg. Ya en 1991 hicieron su aparición los revolucionarios cuadros de titanio introducidos en el mercado por la marca americana Yeti, material utilizado hasta entonces solo en la industria aeronáutica. La principal ventaja que presentaba el titanio era un peso más ligero, además de ser más resistente que el acero y el aluminio. Hoy en día el material que está tomando mayor importancia año tras año es la fibra de carbono.

3.5 Trek

En el año 1976 se funda Trek Bicycle Corporation con una plantilla de 5 personas y un único producto: cuadros de acero para bicicletas hechos a mano. En el año 1982 Trek revoluciona el mundo de la bicicleta de carretera con la introducción de tubos ligeros Reynolds y Columbus. En el año 1983 cuando el mundo de la bicicleta de montaña está en pleno desarrollo saca al mercado el modelo 850, una bicicleta de acero muy sólida que se envía a California para probarla en las carreras de descenso. En el año 1985 lanzaron la primera bicicleta de aluminio y dos años más tarde la primera bicicleta de fibra de carbono, ese mismo año lanzaron al mercado la primera bici con suspensión delantera, y tres años después, en 1990, presentaron la primera bicicleta con doble suspensión, la Trek 9000, la cual era igual que la de la siguiente foto, este modelo de bicicleta es uno de los hitos de la historia del mountain bike.



Hoy en día Trek sigue estando presente en el mercado, dentro de la misma se engloba la marca Gary Fisher y otras marcas de productos y componentes relacionados con el ciclismo tanto de montaña como de carretera. Trek es conocida por ser la marca de bicicletas que usa el siete veces ganador del Tour, Lance Armstrong, y varios campeones del mundo de Mountain bike.

4. Tipos de bicicleta de montaña y modalidades de competición

Dentro de la bicicleta de montaña podemos encontrar básicamente dos clasificaciones, la primera de ellas se basa en si la bicicleta es rígida o de doble suspensión y la segunda basándose en el uso o modalidad de bicicleta de montaña.

La primera clasificación es bastante genérica, ya que se elabora a grandes rasgos, solo diferenciando las bicicletas por llevar o no llevar bicicletas suspensión trasera.

La segunda clasificación es más detallada para la cantidad de modelos que hay en el mercado y más concretamente para las diferentes modalidades que hay dentro de este deporte. En esta clasificación cabe destacar que en tres categorías coexisten las bicicletas rígidas y las bicicletas de doble suspensión. La clasificación según es la siguiente:

4.1 Rally, cross country o XC: Es una modalidad del ciclismo de montaña en el cual las bicis, por lo general acostumbran a tener únicamente suspensión delantera, y consiste en rodar varias vueltas sobre un circuito cuya distancia puede llegar a ser de 10 km, de modo que el recorrido total varía entre 35 y 45 km. En esta modalidad las bicicletas pueden ser tanto rígidas como de doble suspensión, las horquillas que montan estas bicicletas tienen de recorrido entre 80 y 100 mm, y la suspensión trasera tiene un recorrido de 80 mm aproximadamente, aunque esto varía según la marca de la bicicleta y el modelo. Las bicicletas usadas en esta modalidad pueden pesar menos de 9 kilos para las rígidas y alrededor de los 10 kg o menos para las de doble suspensión, la tecnología y los materiales utilizados suelen ser lo más puntero del momento. Hoy en día la mayoría de las bicicletas de gama alta son de fibra de carbono, aunque aún hay algún modelo en aluminios muy ligeros. Un ejemplo de bicicleta rígida y de bicicleta de doble suspensión para esta modalidad son:



Orbea Alma



Cannondale Scalpel

4.2 Maratón: Es una modalidad parecida a la anterior, pero la longitud del recorrido es mayor, puede ir desde los 80 km hasta los 130 km. En esta modalidad lo que se busca es una bici robusta y fiable, cabe destacar que apenas existen diferencias con

las bicicletas de la modalidad de Rally, aunque principalmente está en que las horquillas pueden tener un recorrido de hasta 120 mm, pero las más usadas son las de 100 mm, y el recorrido para la suspensión trasera también puede llegar hasta los 120 mm. La elección de la bicicleta en esta modalidad y la anterior, casi depende más de la posición que quiera llevar el ciclista, ya que las rígidas suelen dar lugar a una posición más baja con respecto a la espalda y la posición de las dobles es algo más erguido. El peso mínimo de estas bicicletas es el mismo que las de Rally pero en general suelen ser algo más pesadas, ya que llevan más recorrido de amortiguador, el peso medio suele estar alrededor de los 10 kg. Los materiales y la tecnología utilizada es la misma que para las bicicletas de Rally. Dos ejemplos de bicicletas podrían ser los mostrados anteriormente, pero a continuación se muestran otro de doble suspensión y otro modelo rígido:



Scott Scale



Scott Genius

4.3 All mountain o enduro: Es una modalidad para ciclistas agresivos que llevan bicis robustas, pero ligeras. Las bicicletas de esta modalidad son todas de doble suspensión ya que se baja por superficies escarpadas y llenas de obstáculos, el recorrido tanto de la suspensión trasera como de la delantera va desde los 140 hasta los 160 mm. No llegan a ser bicis tan ligeras como las de rally o maratón pero si son ligeras, hay bicicletas de esta modalidad que pueden pesar alrededor de los 13 kg. Los materiales utilizados para la fabricación de este tipo de bicicletas suelen ser probados anteriormente en bicicletas de las dos modalidades anteriores y la tecnología usada en las bicicletas de descenso, las más resistentes y pesadas del mercado. Los materiales utilizados para fabricar estas bicicletas son el aluminio y la fibra de carbono principalmente, pero la diferencia con las bicicletas de rally y maratón, es que son más robustas y los materiales por lo tanto llevan tratamientos diferentes. Cabe destacar que estas bicicletas hoy en día suelen llevar tijas que se suben y bajan de manera hidráulica, ya que la posición para bajar con ellas es mejor con el sillín más bajo, y con ello se evita bajarnos de la bici y soltar el anclaje para mover el sillín. Dos ejemplos de bicicletas de esta modalidad, uno de ellos con tija hidráulica, son:



Lapierre Zesty



SantaCruz Nomad (tija hidráulica)

4.4 Descenso o Downhill: Esta modalidad consiste en bajar una determinada pendiente, sorteando grandes desniveles, saltos y obstáculos de forma cronometrada, el corredor que menor tiempo obtenga será el ganador. Para ello las bicis están pensadas exclusivamente en ello, y como consecuencia llevan un gran recorrido en las suspensiones, así como cuadros muy resistentes. Los recorridos pueden variar entre los 200 y los 230 mm, lo cual nos da una idea de las fuerzas, tensiones y golpes que llegan a soportar. Estas bicicletas suelen ser de aluminio pero también hay algún modelo en el mercado de fibra de carbono. Dos ejemplos de este tipo de bicicletas son:



Mondraker Kaiser



Giant Glory

4.5 Freeride: Tiene en común en sus bicicletas el gran recorrido de las suspensiones, sin llegar a las bicicletas de Descenso, además permiten rutas ascendentes (subidas), pero de poca longitud. Los recorridos de las suspensiones de estas bicicletas suelen variar entre los 160 y 200 mm. En esta bicicleta lo que se busca es la espectacularidad en grandes saltos y diversas piruetas, por lo que las bicicletas son muy robustas y el material con los que están hechas suele ser aluminio, tratado de manera que gana en resistencia. Dos ejemplos de bicicletas de freeride son:



Kona Stinky



Specialized Demo

4.6 Dirt Jump: Esta modalidad consiste en realizar grandes saltos y piruetas en parques cerrados dedicados a esta modalidad o circuitos urbanos preparados para ello. Las bicicletas son pequeñas y muy ágiles, lo cual permite grandes trucos en el aire, además pueden ser rígidas o de doble suspensión. Cabe destacar que las personas que practican esta modalidad suelen practicar Freeride, ya que son dos modalidades muy parecidas. Estas bicicletas están hechas en aluminio ya que deben soportar golpes y caídas bastante bruscas. Debe tenerse en cuenta que si fueran de fibra de carbono muchas se romperían debido a los golpes. Dos ejemplos son:



Commençal Max



Kona Bass

5. Materiales utilizados en la fabricación de cuadros de bicicletas de montaña

A lo largo de la historia de la bicicleta se han utilizado diferentes materiales de origen metálico para la construcción de sus cuadros hasta llegar al día de hoy en el que mayoritariamente la mayoría de los cuadros de bicicletas que podemos ver por la calle suelen ser de acero, aluminio o de fibra de carbono.

Dentro de los materiales metálicos utilizados se encuentran los ya nombrados anteriormente, el acero y el aluminio en diferentes versiones y aleaciones, el titanio, el Scandium (Escandio, aleación de aluminio con este metal) y el Cromoly. Además de todos estos materiales desde hace una década la fibra de carbono se ha ido introduciendo poco a poco en el mercado de la bicicleta. A continuación voy a explicar cada material y las propiedades que lo definen, por las cuales lo han utilizado para la fabricación de cuadros de bicicleta. Se hará especial hincapié en el aluminio y la fibra de carbono.

5.1 Acero: es el material casi universal para la construcción de cuadros, hoy en día solo para las bicicletas de montaña más baratas. Anteriormente, hace unos diez años, era el material más utilizado pero desde el momento en el que el aluminio entro en el mercado con unos costes un poco superiores, pero al ser menos pesado poco a poco le fue cogiendo terreno hasta llegar al día de hoy. Razones para utilizar el acero no faltaban, era un material fácil de trabajar, de gran duración si estaba protegido o si llevaba determinados tratamientos como el anti-oxidante, además de ser económico. Cabe destacar que su resistencia a la tracción (tensión última cuando se somete el material al ensayo de tracción) va desde los 375 a 1800 MPa, dependiendo de la serie del acero empleado, y 210 MPa para conseguir doblarlo. Dentro del acero podemos encontrar dos clases utilizadas para la construcción de cuadros, el acero dulce y el acero Hi-ten.

El acero dulce. Los cuadros que están hechos con este tipo de material no tienen en cuenta el factor de elasticidad, son cuadros de tuberías gruesas provenientes del laminado de acero dulce soldado con costuras eléctricas. Es utilizado en las bicicletas más económicas y las destinadas a los niños, aunque últimamente las de los niños ya son de aluminio.

El acero Hi-ten. Este tipo de acero no es mucho más caro que el acero dulce, pero si tiene unas propiedades un poco mejores debido a los tratamientos térmicos, es un acero con bajo contenido en carbono. Es usado generalmente en las gamas más bajas y cuando el peso no es una consideración importante.

5.2 Cromoly: este material conocido como Cromoly es una aleación de Acero con Cromomolibdeno. El porcentaje que presenta de cromo está entre 0,28 y 0,33% y el del molibdeno está entre el 0,15 y el 0,25 %. Esta aleación tiene un contenido en carbono de 0,30 %, por ello tiene una magnifica penetración al temple y puede soldarse mediante cualquiera de los procesos comunes de soldadura. Se comenzó a utilizar en la industria de la bicicleta cuando el peso empezó a ser un factor determinante a la hora de la producción de bicicletas más ligeras que las obtenidas con el acero. A finales de los años 80 y principios de los noventa buena parte de las bicicletas de montaña de calidad estaban hechas con este material, aunque hoy se ha dejado completamente de lado. Los cuadros de cromoly destacaban porque poseían una resistencia mucho mejor a la

corrosión que el acero y su acabo brillante en un color gris metalizado característico de este material.

La resistencia a la tracción de este material es de 1006 MPa y un límite de fluencia a 917 MPa. Estos datos son correspondientes al Cromoly templado a 840 °C y revenido a 540 °C. Esta aleación es conocida como la 4130 dentro de las aleaciones del acero.

5.3 Titanio: Hoy en día este material sigue usándose en la industria de la bicicleta aunque de una manera muy reducida. Cabe destacar que la cuota de mercado de los cuadros para bicicleta de montaña siempre ha sido muy pequeña, aunque alcanzo su máxima cuota de mercado a mediados de los años 90. Es un material utilizado por una pequeña parte de las personas que andan en bici, comparando con el total. Por otra parte tiene en su contra su altísimo precio si lo comparamos con otros cuadros hechos con acero o aluminio, y sus diferentes aleaciones, además de ser más cara que los cuadros de fibra de carbono. Comparado con el acero, metal con el que compete en aplicaciones técnicas, es mucho más ligero, tiene una alta resistencia a la corrosión y gran resistencia mecánica, pero es mucho más costoso que el acero, lo cual limita su uso industrial.

En este momento se siguen fabricando con titanio cuadros, pero a pequeña escala y casi de manera artesanal, pero destaca porque en piezas de tornillería ligera se utiliza cada día más, ya que con un peso mínimo aguanta grandes esfuerzos. La aleación utiliza para este tipo de piezas es la Ti grado 5. Cabe destacar que a este material se le puede aplicar el tratamiento superficial del anodizado, muy de moda últimamente en la industria de la bicicleta, ya que en los cuadros de aluminio y titanio que son tratados superficialmente mediante este proceso la pintura aguanta mucho más que al ser aplicada por el método más usual, pintura mediante pistola a presión y después se aplica un barniz protector.

La resistencia a tracción de este material varía entre 980 y 1050 MPa, y el límite de fluencia varía entre 866 y 922 MPa, dependiendo de la aleación de titanio que utilicemos, como podemos ver en la tabla que se muestra a continuación:

	σ_y [MPa]	σ_R [MPa]	E [MPa]	elongación [%]	estricción [%]
Ti6Al4V NT	981,1	1.049,6	112,4	13,9	54
Ti64_850_1	909,5	999,0	120,6	15,3	51
Ti64_850_4	866,3	980,3	123,7	14,0	41
Ti64_900_1	913,6	1.011,4	113,3	12,7	38
Ti64_900_4	883,9	999,0	127,3	13,5	39
Ti64_900_1_Ar	929,1	1.023,1	111,6	13,8	54

5.4 Scandium: este es el nombre comercial que reciben los cuadros de bicicleta que están hechos con aleaciones de aluminio que contienen escandio como aditivo. El escandio como tal no se utiliza solo para fabricar cuadros de bicicleta de montaña, se utiliza como aditivo en aleaciones de aluminio, como se ha mencionado anteriormente. Este metal se utiliza solo por una razón, porque con esta aleación se pueden conseguir tubos de diámetro más pequeños y con la misma consistencia que uno de aluminio sin escandio. Además también se utiliza porque como sabemos los cuadros de aluminio se

forman a partir de unos tubos con las formas determinadas y luego se sueldan, es aquí donde el escandio tiene relevancia, ya que protege el aluminio y hace que la pérdida de propiedades en esa zona sea solo del 10 %. Si no se usará una aleación de aluminio y escandio las pérdidas rondarían el 30 %.

5.5 Aluminio: es el material con el que la mayoría de los cuadros de las bicicletas que podemos ver por la calle están hechos. Es uno de los metales más abundantes en la tierra, es más ligero que el acero, siendo un tercio del mismo, además tiene unas propiedades mecánicas buenas para su aplicación en este campo y es más barato que el titanio. Cuando el metal contiene entre 99,5 % y 99,79 % de aluminio es llamado aluminio puro o aluminio comercial. El término aleación se utiliza cuando se añaden otros elementos al aluminio. La principal razón por la cual el aluminio es aleado es para obtener mayor resistencia sin incrementar mucho el peso, dependiendo del uso específico que se le de se puede obtener mayor resistencia a la corrosión, mejor soldabilidad, maquinabilidad o solamente mejor apariencia.

Los principales elementos químicos añadidos al aluminio para producir aleaciones específicas, son los siguientes: silicio, magnesio, manganeso, cobre, zinc, cromo y hierro.

5.5.1 Propiedades del aluminio:

Ligero. El aluminio es el más ligero de todos los metales para uso estructural, a excepción del magnesio, el aluminio pesa solo la tercera parte que el hierro y el cobre.

Resistencia mecánica. El aluminio tiene la resistencia para trabajos pesados, por lo general esta resistencia se obtiene mediante aleaciones de aluminio añadiendo metales como manganeso, silicio, cobre, magnesio ó zinc. Las aleaciones de aluminio pueden ser tan resistentes como algunos aceros.

Elasticidad. La elasticidad de un material es la medida de su capacidad para regresar a su forma original después de que ha sido deformada por fuerzas externas. La elasticidad de los metales depende del tratamiento metalúrgico que tienen. Se puede decir en general que la elasticidad viene acompañada de dureza, esto significa que el aluminio puede ser más o menos elástico como lo requiera su aplicación.

Resistencia a la corrosión. En un ambiente en el que el aire esté húmedo se forma una película fina resistente de óxido de aluminio que protege y que impide que la oxidación avance hacia el interior del metal.

Conductividad eléctrica. Las aleaciones de aluminio son los mejores conductores de electricidad económicos disponibles porque manejan sobre dos veces la corriente que el cobre en relación a su peso. El aluminio puro tiene una conductividad eléctrica del 65 % y algunas aleaciones del 55 %.

Conductor del calor. El aluminio es un excelente conductor del calor, lo conduce tres veces mejor que el acero.

Refleja la energía radiante. Las superficies pulidas de aluminio son excelentes reflectores de la energía radiante.

No magnético. Para efectos prácticos el aluminio es no magnético, lo que lo hace que sea de los pocos metales apropiados para proteger ciertas aplicaciones eléctricas y electrónicas.

No Inflamable. Aunque es un excelente conductor eléctrico, el aluminio no produce chispas. Esto es una propiedad esencial en productos usados con alta inflamabilidad o materiales y ambientes explosivos.

No tóxico. Es usado en industrias que procesan productos alimenticios.

5.5.2 Aleaciones de aluminio:

Son aquellas aleaciones que se utilizan en fundición para la fabricación de piezas obtenidas por la colada en moldes de arena (colada en arena), en moldes de acero (colada en coquilla) y mediante inyección. Aunque se han desarrollado una gran cantidad de aleaciones de aluminio de colada, existen seis tipos de aleaciones, más en la que se considera el aluminio puro: Aluminio puro, aluminio–cobre, aluminio–silicio, aluminio–magnesio-silicio, aluminio–manganeso, aluminio–magnesio, aluminio–zinc.

5.5.3 Designación para los grupos de aleaciones de aluminio:

Se diseñó un sistema numérico de cuatro dígitos para ordenar las aleaciones de aluminio, en este sistema el primer dígito representa el principal aleante, el segundo dígito representa los límites de impurezas, si el dígito es cero no contiene impurezas, pero si es un valor entre uno a nueve indica un control especial de una o más impurezas. El tercer y el cuarto dígito representan el valor en décimas y centésimas del porcentaje del aluminio (ejemplo: aleación 1060 = 99.60 % de aluminio). En las series de la dos hasta la nueve los segundos dígitos no tienen ningún significado en especial, solo sirven para identificar las diferentes aleaciones de aluminio en el grupo. El sistema es el siguiente:

- 1xxx – Aluminio puro (99.00 % o superior)
- 2xxx – Aleaciones aluminio – cobre.
- 3xxx – Aleaciones aluminio – manganeso.
- 4xxx – Aleaciones aluminio – silicio.
- 5xxx – Aleaciones aluminio – magnesio.
- 6xxx – Aleaciones aluminio – magnesio – silicio.
- 7xxx – Aleaciones aluminio – zinc.
- 8xxx – Aleaciones aluminio – otros elementos.
- 9xxx – Serie no utilizada.

5.5.4 Aleaciones utilizadas para la construcción de cuadros de bicicleta de montaña:

Actualmente se utilizan varias aleaciones para la construcción de cuadros de bicicleta, pertenecientes a las series 6xxx y 7xxx. Las dos aleaciones más utilizadas son la 6061 y la 7005, aunque también se utilizan las aleaciones 6063 y 6066. En este apartado nos centraremos en explicar cada una de las dos aleaciones, las que mayor presencia tienen en el mercado hoy en día. Cabe destacar que las aleaciones de las series 6xxx y 7xxx utilizadas para estos productos se pueden tratar térmicamente, muestran una buena

sensibilidad al temple. A modo de comentario en el caso de la serie 6xxx sus precipitados se endurecen utilizando Mg_2Si .

Hablando de las propiedades mecánicas de las dos series, las aleaciones de la serie 6xxx alcanzan una resistencia a la tracción de 290 MPa y las aleaciones de la serie 7xxx alcanzan una resistencia a la tracción mayor que las de la serie 6xxx, 504 MPa.

Aleación 6061 – T6

Composición química:

Aluminio - 0,4-0,8 % Si – 0,15-0,4 % Cu – 0,7 % Fe – 0,15 % Mn – 0,8-1,2 % Mg – 0,04-0,35 % Cr – 0,25 % Zn – 0,15 % Ti – 0,20 % otros.

Ventajas: Adicionalmente a sus características naturales (excelente conductividad, ligereza, nula toxicidad y no produce chispas) el aluminio 6061 - T6 ofrece las siguientes ventajas:

- Resistencia superior a la de las aleaciones 6063
- Elaborado mediante tratamientos térmicos.
- Envejecido artificialmente.
- Óptima conformación en frío.
- Excelentes características para soldadura fuerte y al arco.

Beneficios:

- Excelente resistencia a la corrosión.
- Gran resistencia a la tensión.
- Excelente maquinabilidad.

Aplicaciones:

- Portamoldes y portatroqueles
- Moldes prototipos.
- Moldes de producción para moldeado por soplado, inyección y al vacío.
- Partes de maquinaria.
- Cuadros de bicicletas de carretera y montaña.

Tipo de corrosión del aluminio 6061 – T6: Este metal forma una película de óxidos en la mayoría de los medios. Esta película lo protege contra una corrosión más aguda. El espesor de esta capa es de 1nm cuando acaba de formarse al aire libre en una superficie recién pulida. Se compone de dos capas, la más próxima al metal es compacta, amorfa, de espesor determinado por la temperatura. Por encima de ella hay otra capa más gruesa y más porosa formada por óxido hidratado.

Como la corrosión del aluminio 6061 es habitualmente por picaduras, se da particular importancia al potencial de picadura como indicador de su capacidad a resistir a los ataques.

Aleación 7005 – T6

Composición química:

Aluminio - 0,35 % Si – 0,40 % Fe – 0,10 % Cu – 0,20-0,7 % Mn – 1,0-1,8 % Mg – 0,06-0,20 % Cr – 4,0-5,0 % Zn – 0,01-0,06 % Ti – 0,08-0,2 % Zr – 0,15 % otros.

Ventajas:

- Es más fácil de tratar y fabricar que el aluminio 6061. Con lo que todo ello conlleva: hidroformados, conificados, tratamientos térmicos,..., etc.

Beneficios: los mismos que en el caso del aluminio 6061.

Aplicaciones: las mismas que en el caso del aluminio 6061.

Otros datos intereses: Cabe destacar que al igual que el aluminio 6061 se trata térmicamente (tratamiento T-6) el aluminio 7005 para mejorar sus propiedades mecánicas. Hay varios tratamientos térmicos (temple), los más comunes son:

- H-14: Material templado mediante trabajo mecánico en frío, con grado medio duro.
- H-0: Laminado hasta su espesor final y recocido totalmente hasta volverlo suave.
- T-5: Material templado mediante tratamiento térmico, enfriado al aire después de extruir y envejecimiento artificialmente.
- T-6: Material templado mediante tratamiento térmico, enfriado al agua después de extruir y envejecimiento artificial.
- F: Material fabricado sin ningún control durante la reducción en frío por lo que no se garantizan las propiedades mecánicas del producto final.

El tratamiento T-6 es el tratamiento utilizado en la manufactura de tubos de aluminio para cualquier bicicleta.

5.6 Fibra de carbono: es un material compuesto. Las fibras de carbono y diferentes resinas que se utilizan para hacer el material reciben el nombre de matriz, conocida en este caso como fibra de carbono. Las fibras constituyen el componente que proporciona la resistencia mecánica y rigidez a la matriz y, además, pueden ofrecer otras valiosas propiedades como resistencia a altas temperaturas, resistencia a la fluencia.

Se atribuye a Edison el uso de las primeras fibras de carbono comerciales, logradas a partir de la carbonización de fibras de algodón y bambú, para producir filamentos de lámparas de incandescencia. Sin embargo, el empleo como refuerzo de estas fibras se sitúa a finales de la década de 1950. Actualmente las materias primas para la fabricación de fibra de carbono son, ordenadas por volumen de utilización, el poliacrilonitrilo (PAN), determinados derivados del carbón y el petróleo (breas, alquitranes) y el rayón.

Los materiales compuestos reforzados con fibras de carbono son más ligeros y resistentes que determinados aceros al carbono. Su comportamiento frente a la fatiga es superior al de los metales, y, cuando se combinan con los polímeros adecuados, constituyen uno de los tipos de materiales más resistentes frente al deterioro ambiental. La siguiente tabla relaciona varias características, o combinaciones de ellas, y aplicaciones que posibilitan el uso de las fibras de carbono en muy diversos sectores. Estas propiedades únicas son el resultado de la estructura (microestructura) de la fibra de carbono.

Características y aplicaciones de las fibras de carbono	
Propiedades <ul style="list-style-type: none"> • Resistencia mecánica, tenacidad y densidad • Estabilidad dimensional • Amortiguación de vibraciones, resistencia y tenacidad • Resistencia a la fatiga y auto-lubricación • Resistencia química • Conductividad eléctrica • Compatibilidad biológica 	Aplicaciones <ul style="list-style-type: none"> • Transporte y artículos deportivos • Tecnología aeroespacial • Equipos de audio, brazos de robot • Maquinaria textil, ingeniería en general • Industrias química y nuclear • Componentes equipos electrónicos • Medicina (prótesis, equipamiento quirúrgico)

5.6.1 La estructura de las fibras de carbono

La figura 1.a constituye una representación esquemática de la estructura que presentan estos materiales. De acuerdo con ella, una fibra de carbono está constituida por paquetes de capas de átomos de carbono con diferentes orientaciones respecto al eje de la fibra. La ordenación de los átomos de carbono en las capas es similar a la del grafito (Figura 1.b), razón por la que se las suele designar como capas de grafeno. Este tipo de estructura implica que la fibra va a presentar una anisotropía en sus propiedades, cuyos valores vienen determinados, entre otros, por los siguientes factores:

- La existencia de fuertes enlaces covalentes carbono-carbono en las capas, en contraste con las débiles fuerzas de Van der Waals que actúan entre capas.
- La perfección de la orientación tanto en sentido longitudinal como transversal.
- Presencia de picaduras, poros y grietas.
- El tipo de precursor usado.
- Proceso de fabricación empleado y condiciones en las que se realiza.

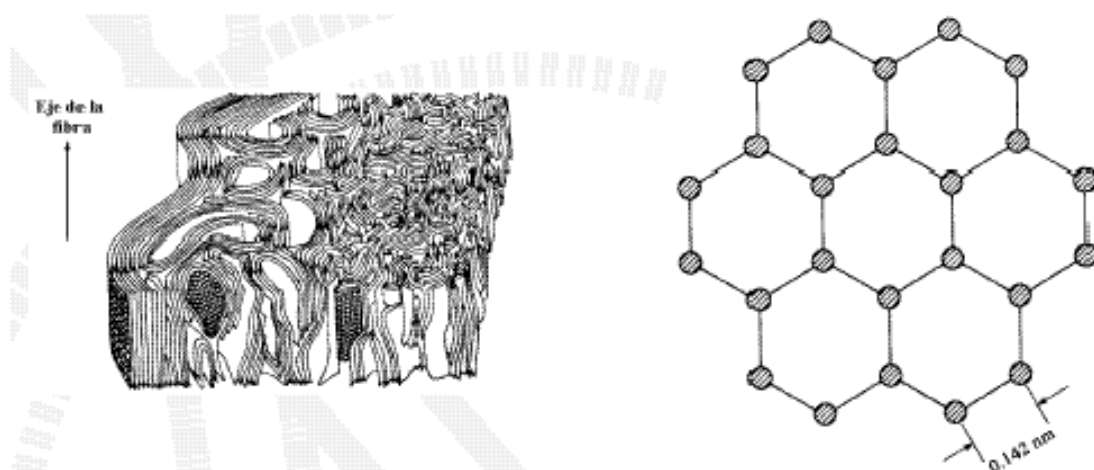


Figura 1.a. Estructura de las fibras de carbono. Figura 1.b. Átomos de carbono en las capas planas de grafeno.

5.6.2 Tipos y propiedades de las fibras de carbono

Las fibras de carbono se suelen clasificar atendiendo a dos criterios: tipo de precursor y valor de su módulo de elasticidad. De acuerdo con el segundo criterio se distinguen cinco clases, o calidades, de fibras: SM ("Standard modulus"), UHM ("Ultra-high modulus"), HM ("High modulus"), HT ("High tenacity-high strength") o IM ("Intermediate modulus"), y LM ("Low modulus").

Las tablas 1 y 2 recogen diversas propiedades para fibras obtenidas de diferentes precursores [2] y con distintos grados de calidad [3]. La anisotropía del refuerzo queda reflejada en la tabla 3, que muestra los valores del módulo de Young en direcciones axial y transversal para cinco fibras seleccionadas.

Propiedad	Fibras SM ^a	Fibras SM ^b	Fibras IM ^b	Fibras HM ^b
Contenido en carbono (%)	95	95	95	>99
Diámetro de la fibra (μm)	6-8	6-8	5-6	5-8
Densidad (gtm)	1,8	1,8	1,8	1,9
Módulo de Young (GPa)	228	220-241	290-297	345-448
Resistencia a la tracción (MPa)	3800	3450-4830	3450-6200	3450-5520
Alargamiento a la rotura (%)	1,6	1,5-2,2	1,3-2,0	0,7-1,0
Resistividad eléctrica (μ _{cm})	1650	1650	1450	900
Conductividad térmica (W/m.K)	20	20	20	50-80

Tabla 1. (a) fibras para usos generales; (b) fibras para aplicaciones aeroespaciales

Propiedad	Fibras LM	Fibras HM	Fibras UHM
Contenido en carbono (%)	>97	>99	>99
Diámetro de la fibra (μm)	11	11	10
Densidad (gtm)	1,9	2,0	2,2
Módulo de Young (GPa)	170-241	380-620	690-965
Resistencia a la tracción (MPa)	1380-3100	1900-2750	2410
Alargamiento a la rotura (%)	0,9	0,5	0,4-0,27
Resistividad eléctrica (μ _{cm})	1300	900	220-130

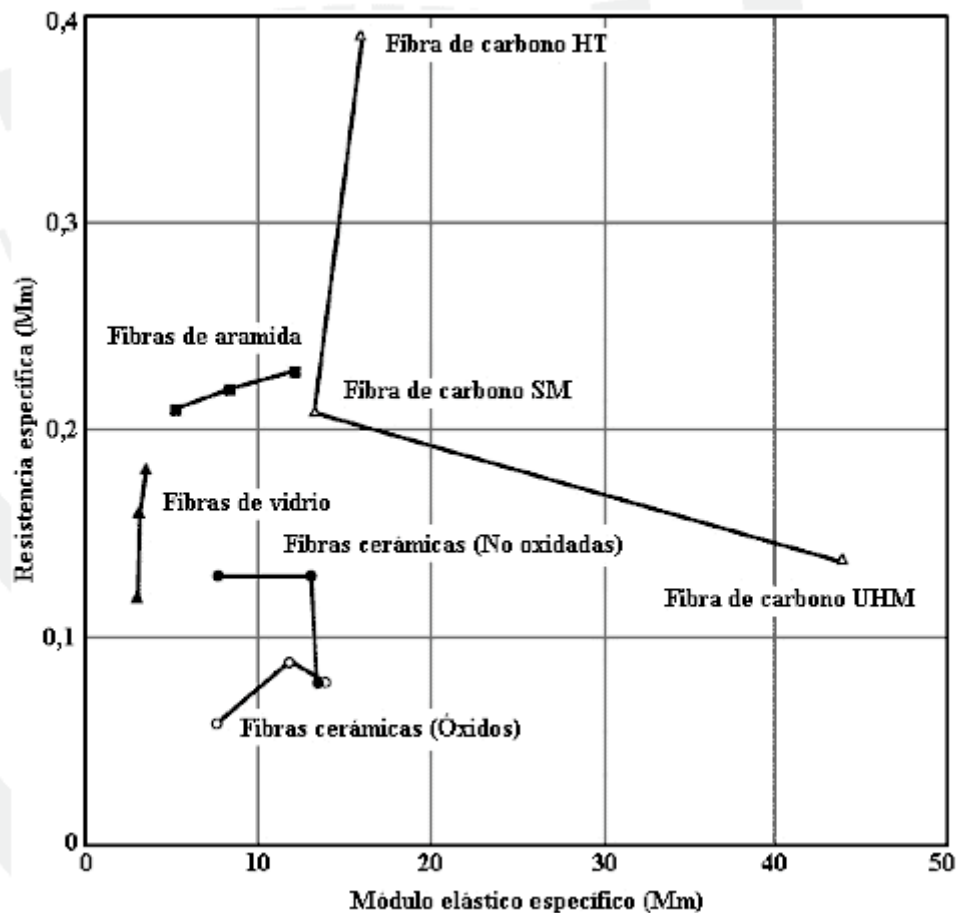
Tabla 2. Valores de propiedades para fibras "pitch".

Propiedad	Fibra 1	Fibra 2	Fibra 3	Fibra 4	Fibra 5
Módulo de Young axial (GPa)	230	250	390	390	380
Módulo de Young transversal (GPa)	40	20	21	12	21

Tabla 3. Variación del módulo de Young según la dirección considerada en fibras de carbono

5.6.3 Comparativa de fibras. Composites con fibras de carbono o de aramida

La elección de un tipo de fibra para una aplicación determinada dependerá de los requerimientos exigidos. La comparación de sus propiedades mediante diagramas o tablas constituye un proceso útil en la elección de las fibras para un uso dado. Ejemplo de ello es la gráfica, que representa resistencia a la tracción y módulo elástico específicos para diferentes fibras, y la tabla 4, que incluye una calificación de estos materiales en relación con diversas propiedades. Esta clasificación se gradúa desde el valor A, que indica un comportamiento bueno de la fibra frente a ese parámetro, al valor C indicador de que es mediocre o malo.



<i>Propiedad/parámetro</i>	<i>Vidrio</i>	<i>Carbono</i>	<i>Aramida</i>
<i>Densidad</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>
<i>Resistencia a la tracción</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>B</i>
<i>Módulo elástico en tracción</i>	<i>C</i>	<i>A</i>	<i>B</i>
<i>Resistencia a la compresión</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>C</i>
<i>Módulo elástico en compresión</i>	<i>C</i>	<i>A</i>	<i>B</i>
<i>Resistencia a la flexión</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>C</i>
<i>Módulo elástico en flexión</i>	<i>C</i>	<i>A</i>	<i>B</i>
<i>Resistencia al impacto</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>A</i>
<i>Resistencia a la fatiga</i>	<i>C</i>	<i>A</i>	<i>B</i>
<i>Dilatación térmica</i>	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>A</i>
<i>Resistencia al fuego</i>	<i>A</i>	<i>C</i>	<i>A</i>
<i>Aislamiento térmico</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>A</i>
<i>Aislamiento eléctrico</i>	<i>A</i>	<i>C</i>	<i>B</i>
<i>Coste</i>	<i>A</i>	<i>C</i>	<i>C</i>

Tabla 4. Comparación de fibras según su comportamiento ante diversos parámetros. Al igual que los de fibra de vidrio, los materiales compuestos con fibras de carbono y de aramida incluyen una amplia gama de fabricados: hilos, tejidos, fibras cortas...,etc. La mayoría de los procedimientos de fabricación de composites con matrices poliméricas reforzadas con fibras de carbono, o de aramida, son similares a los empleados para las fibras de vidrio: pultrusión, bobinado, moldeo por transferencia de resina o RTM, SCRIMP,..., etc. Las matrices poliméricas usadas incluyen una amplia variedad de materiales: resinas epoxi, de poliéster, poliamidas, resinas fenólicas, siliconas, PEEK,..., etc. La letra A denota un comportamiento excelente, la B bueno y la C malo.

Cabe destacar que las resinas epoxi son las utilizadas para reforzar las matrices que se utilizan para la fabricación de tubos para los cuadros de bicicleta de montaña y de carretera. Las tablas mostradas en esta apartado han sido sacadas del libro Introducción a la ciencia e ingeniería de materiales de William D. Callister

5.6.4 Resinas epoxi utilizadas con la fibra de carbono

A continuación voy a mostrar la información sobre dos resinas epoxi diferentes, que serán las utilizadas a la hora de realizar el prototipo final de este PFC. Las dos resinas son de la casa Resoltech y son: la 1050 y la 1800.

- En el caso de la resina epoxi **Resoltech 1050**, que es un sistema epoxi destinado a obtener piezas estructurales de altas prestaciones postcuradas o no. Esta resina es apropiada para la fabricación de piezas composite de gran tamaño por contacto a mano, infusión y moldeo por inyección. Este sistema tiene una baja viscosidad y baja toxicidad para los aplicadores, además de ser posible realizar el desmoldeo de las piezas sin necesidad de realizar un postcurado. Las estructuras resultantes tendrán muy buenas propiedades mecánicas.

- Propiedades físicas (datos obtenidos a 22° C):

Aspecto	Líquido de color amarillo pálido
Aspecto del endurecedor	Líquido claro
Viscosidad de la resina	1000 mPas
Viscosidad del endurecedor	250 a 450 mPas
Viscosidad de la mezcla	300 a 400 mPas
Densidad de la mezcla	1,1 g/cm ³

- Propiedades mecánicas:

Máxima temperatura de transición vítrea Tg	75 °C
Resistencia a la tracción	60 MPa
Resistencia a la flexión	100 MPa
Módulo a tracción	3300 MPa
Módulo a flexión	3200 MPa

- La resina epoxi **Resoltech 1800** es un moderno sistema epoxi para aplicaciones de infusión e inyección con baja viscosidad para una humectación rápida y segura para los refuerzos. Esta resina posee altas propiedades mecánicas y una temperatura de transición vítrea (Tg) de hasta 130 °C. Una de las características principales de este sistema es su baja viscosidad constante hasta que llega a gelificar. Por este motivo ofrece una impregnación muy fiable y una fácil eliminación de aire a lo largo de todo el proceso de infusión inyección. Es apropiado para la fabricación de piezas composite muy grandes.

- Propiedades físicas (datos calculados a 22 °C):

	<i>RESINA</i>	<i>ENDURECEDOR</i>	<i>MEZCLA/1805</i>	<i>MEZCLA/1808</i>
<i>ASPECTO</i>	amarillo pálido	transparente	amarillo pálido	
<i>VISCOSIDAD</i>	850 mPas	3 a 20 mPas	290 mPas	180 mPas
<i>DENSIDAD</i>			1,1 g/cm ³	1,1 g/cm ³
<i>PICO EXOTERMICO</i>			> 230 °C	> 230 °C

- Propiedades mecánicas:

	<i>1805</i>	<i>1808</i>	
<i>Resistencia a tracción</i>	25 MPa	59 MPa	ASTM D-638/ISO 527
<i>Resistencia a flexión</i>	120 MPa	102 MPa	
<i>Módulo de elasticidad</i>	2900 MPa	2400 MPa	
<i>Elongación a rotura</i>	2,4%	6,6%	
<i>Absorción de agua</i>	< 0,15%	< 0,17%	1 mes a 23 °C
<i>Tg</i>	130 °C	83 °C	
<i>Dureza Shore</i>	86	78	

Datos obtenidos para u curado durante 24 horas a 20 °C + 15 horas a 70 °C.

6. Sistemas de suspensión trasera

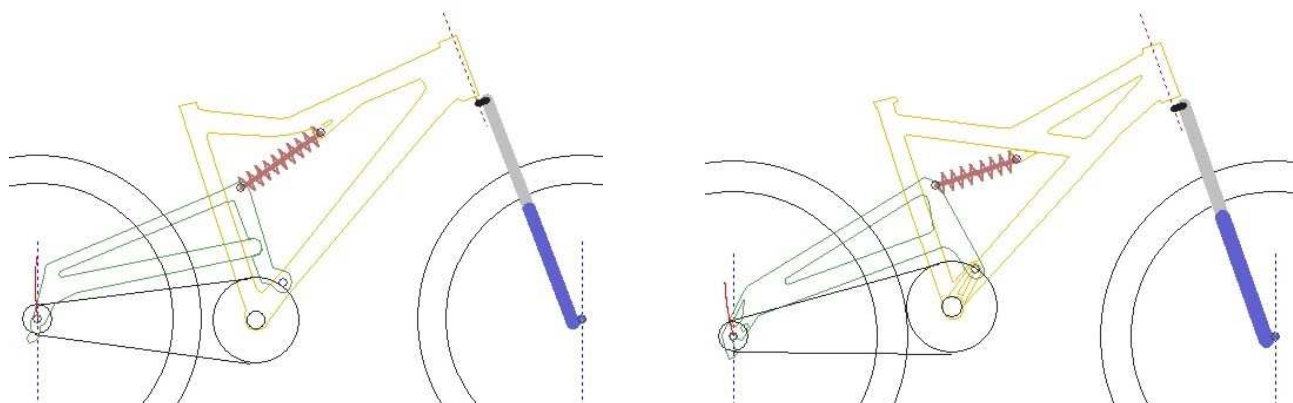
Hoy en día existen muchos sistemas diferentes de suspensión trasera para bicicletas, por lo que me centraré en los tres más importantes y extendidos en el mercado, explicando su funcionamiento y acompañándolo de imágenes explicativas de cada sistema.

Los tres sistemas principales son: el monopivote, los sistemas de paralelogramo deformable y los sistemas con dos bieletas pequeñas o pivote virtual (VPP). Además hay que tener en cuenta algunos sistemas que prácticamente han dejado de usarse hoy en día, u otros que se salen de lo normal, o los sistemas que eliminan un pivote gracias a la flexión de los materiales como sistemas articulados.

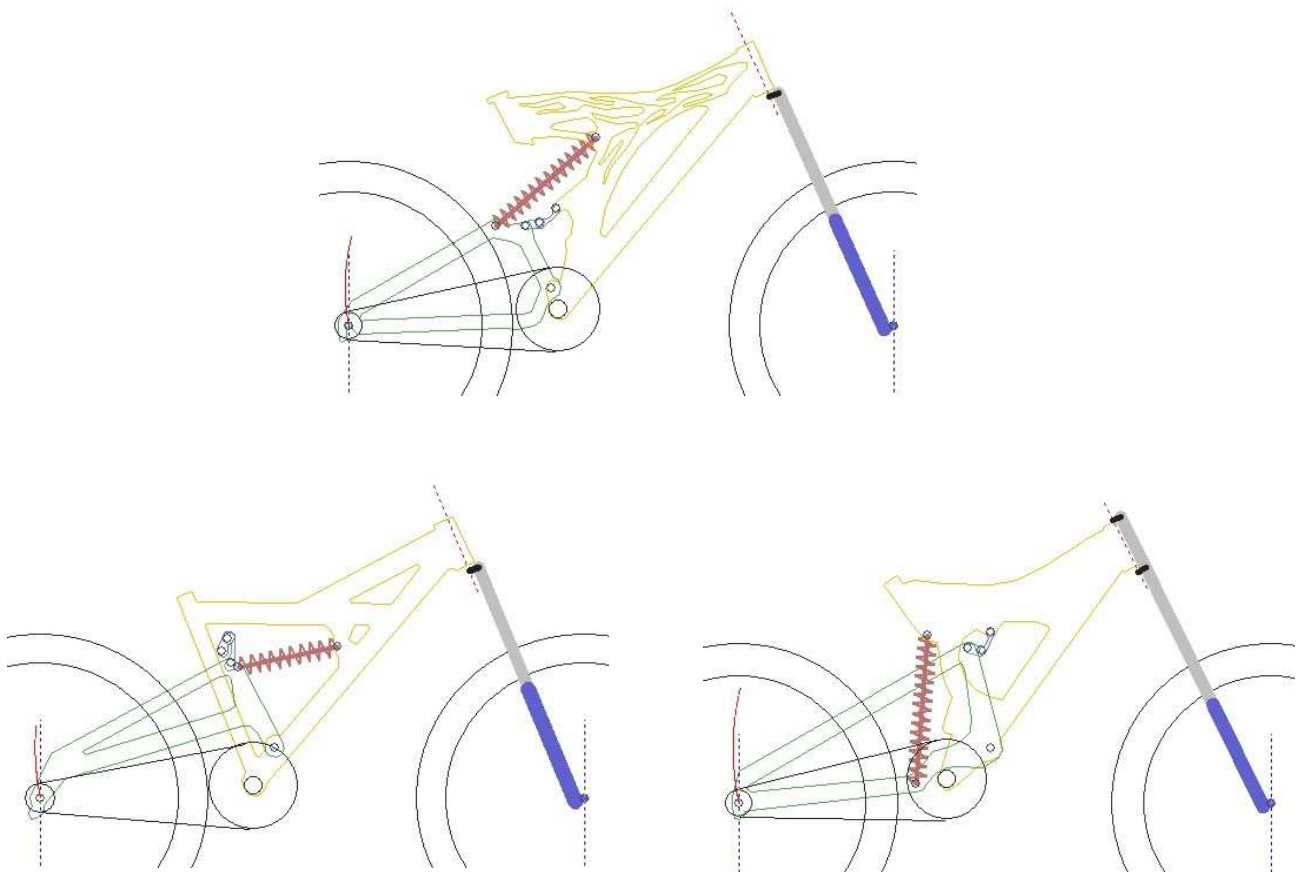
6.1 Sistemas monopivote.

Se caracterizan por tener un solo punto de giro. Así que podemos clasificar a las monopivotes a su vez en dos tipos: monopivotes y monopivotes con bieletas.

6.1.1 Monopivotes: Monopivotes clásicas, con un solo punto de giro y el amortiguador anclado al basculante. Estos sistemas son tan sencillos que parece que no hace falta decir nada más. Encontramos muchos ejemplos de este sistema en marcas como Cannondale, Ellsworth, Orange, Santa Cruz... La mayoría de ellos tienen el punto de giro a una altura media, hoy en día es muy difícil encontrar monopivotes con un punto de giro demasiado alto o bajo. A continuación expongo dos imágenes explicativas del sistema monopivote clásico:



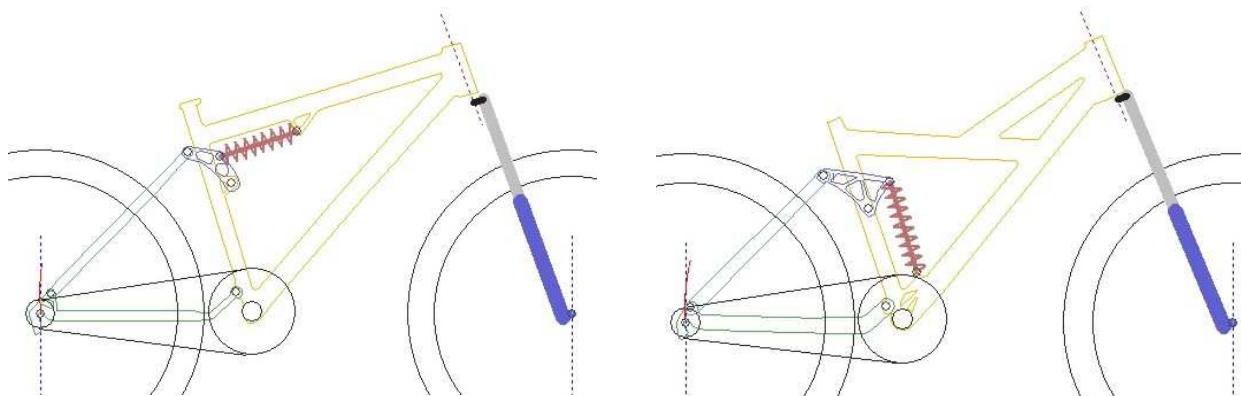
6.1.2 Monopivotes con bieletas: este sistema se diferencia del monopivote clásico en que incorporan una pequeña bieleta (cada marca le da su propio nombre). Esta bieleta no influye en la progresividad del amortiguador y su funcionamiento, que sigue siendo el mismo, pero mejora la rigidez lateral del basculante trasero de la bicicleta. Una marca de bicicletas que utiliza este sistema es la británica Foes. Tres ejemplos de este sistema son:



6.2 Sistema de paralelogramo deformable

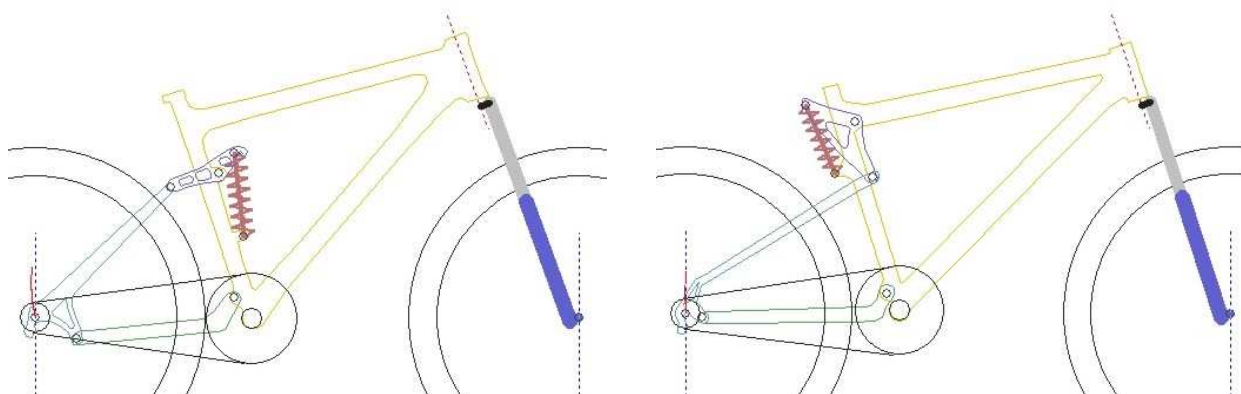
Este grupo a su vez se divide en otros dos, el sistema “Faux bar” y el “Horst link”. Estos sistemas solo se diferencian de forma puntual en la manera de colocar el pivote o balancín.

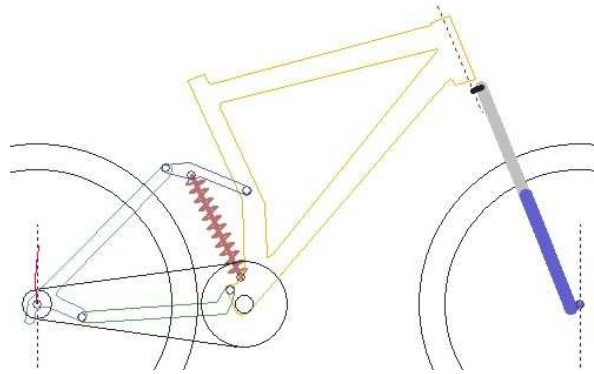
6.2.1 Sistema Faux bar: es el sistema típico de paralelogramo deformable en el que el eje de la rueda va anclado a las vainas. En realidad este sistema es muy parecido al de monopivotes con bieleta pero hay bastantes diferencias de tamaño en los componentes que se consideran dos sistemas diferentes. Este sistema es utilizado por las bicicletas Kona, Rocky Mountain,..., etc. Dos ejemplos serían los siguientes:



La posición del amortiguador en los modelos Faux bar varía en función de cada marca pero las dos formas mas habituales son anclarlo al tubo superior, o colocarlo paralelo al tubo de sillín (como podemos ver en las imágenes de arriba), con esto se consigue cambiar la progresividad del amortiguador. Estos modelos tienen una trayectoria de la rueda idéntica a la de una monopivote pero la progresividad que se consigue con las bieletas puede ser diferente. Un caso especial dentro de este tipo de modelos son los sistemas que eliminan el punto de pivote trasero y que confían en la flexibilidad de materiales como el titanio o el carbono.

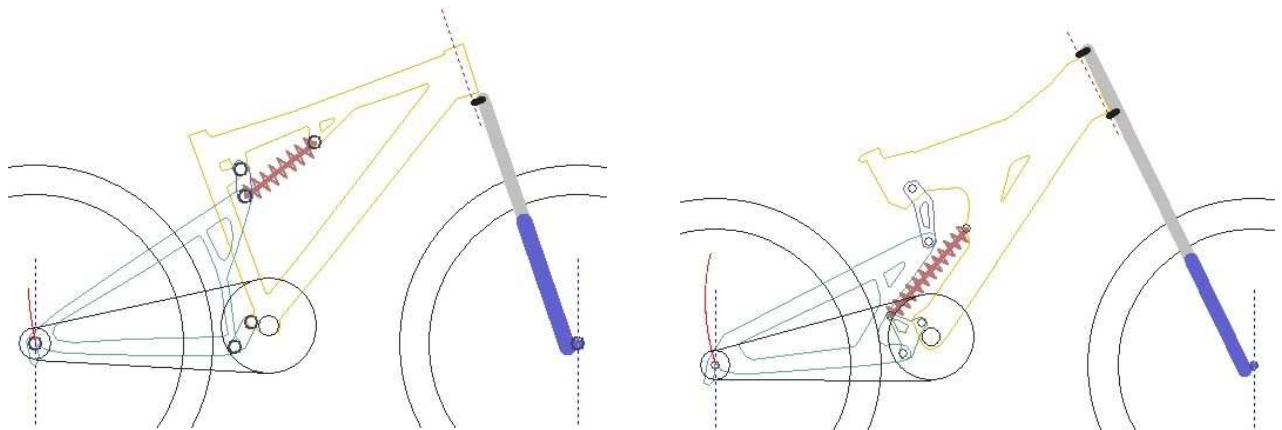
6.2.2 Sistema "Horst Link": en este sistema la rueda trasera va anclada en los tirantes al igual que en los modelos Faux bar. Ejemplos de este sistema hay muchos: la mayoría de las bicicletas Specialized, Scott Genius, Ellsworth, Giant NRS, Titus.... La diferencia entre este sistema y el "Faux-Bar" es mínima, solo se diferencian en el comportamiento de la suspensión al frenar, que en este caso es más independiente. La posición del amortiguador en los modelos Horst-Link varía mucho en función de cada marca, pero las dos formas más habituales son anclarlo al tubo superior, o colocarlo paralelo al tubo de sillín, con esto se consigue cambiar la progresividad del amortiguador. Además existen casos especiales como el de las Scout Genius que utilizan un amortiguador invertido, es decir el amortiguador en lugar de comprimirse, se estira. En las siguientes imágenes podemos ver tres diferentes modelos de este sistema, el último se corresponde con el sistema de la Scott Genius:



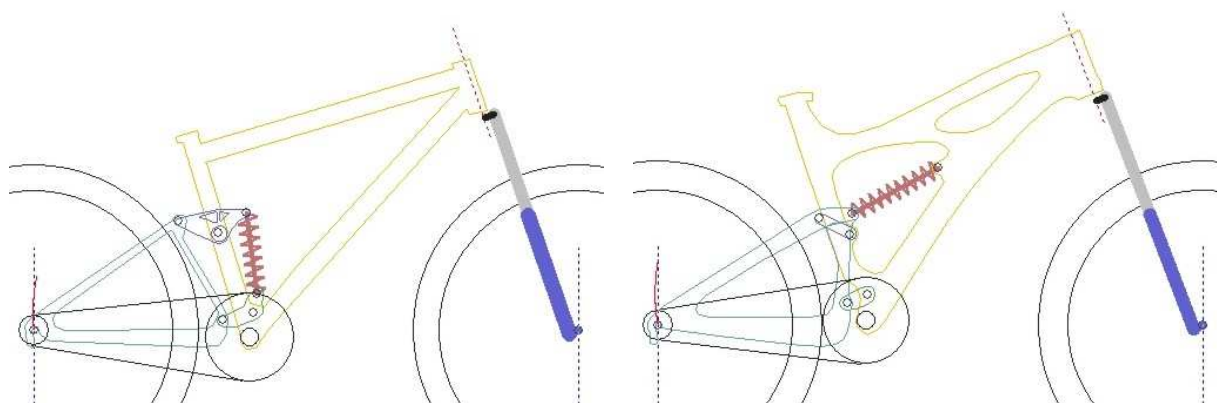


6.3 Sistema de pivote virtual (VPP)

Este sistema ha sido uno de los últimos en aparecer, pero cada vez hay mas marcas que los utilizan en sus modelos de doble suspensión. Mirando la dirección de rotación de las bieletas se pueden clasificar en dos grupos: los que tienen dos bieletas girando en la misma dirección y en los que las bieletas giran en sentidos opuestos. Las marcas Intense y Santa Cruz utilizan el Sistema VPP, en el que las dos bieletas giran en sentido opuesto, y que se caracteriza por tener una trayectoria de la rueda con una forma característica y una gran progresividad. El amortiguador suele ir anclado a la bielea superior en los modelos en que el amortiguador trasero de menor recorrido y a la bielea inferior en los modelos de mayor recorrido, como podemos ver en las dos imágenes siguientes:



Marcas como Iron Horse, Ibis e IF utilizan el sistema DW-Link., en este sistema las dos bieletas giran en el mismo sentido y el funcionamiento es muy parecido a los diseños de paralelogramo deformable con Horst-Link. La trayectoria de la rueda es un arco algo más cerrado que el de un monopivote y la progresividad también es muy similar, ligeramente positiva, aunque depende de la forma de anclar el amortiguador: en la bielea superior y paralelo al tubo de sillín o en el triángulo trasero y paralelo al tubo superior, como podemos ver en las dos imágenes siguientes:



Cabe destacar que con este sistema el balanceo o compresión que se produce cuando pedaleamos con este sistema se ve eliminado casi en su totalidad, siendo este uno de los puntos fuertes de este sistema, destacando el utilizado por la marca francesa Lapierre.

7. Características que debe cumplir el diseño de la bicicleta

A continuación voy a exponer una serie de características que debe cumplir la bicicleta diseñada.

7.1 Datos población en España

Estatura media hombre: 1,74 m

Estatura media mujer: 1,64 m

7.2 Características del uso de la bicicleta a diseñar

La bicicleta de montaña que se va a diseñar en este proyecto va a ser utilizada en la modalidad de Rally, es decir, un tipo de bicicleta que se utiliza para hacer rutas, competiciones de XC, maratones. Para este tipo de uso, a las condiciones que se va a someter la bici son:

- Subidas pronunciadas y cortas, tendidas y largas.
- Bajadas rápidas por pisas forestales, caminos y sendas.
- La bicicleta debe ser manejable, ya que interesa que sea ágil para el tipo de bajadas que se suelen hacer, con ello se gana tiempo y maniobrabilidad, muy importante en este tipo de bicicletas. Además debe ser capaz de absorber y soportar los esfuerzos provocados por los obstáculos que podamos encontrar en nuestro camino y capaz de aguantar determinado tipo de saltos, como los provocados por piedras (escalones naturales) y cambios de rasante.
- Este tipo de bicicletas deben de ser diseñadas de tal forma que se puedan utilizar en condiciones adversas como lluvia, nieve, terrenos arcillosos,..., etc.
- Además deben de ser una bicicletas ligeras, por ello se seleccionarán materiales como la fibra de carbono o aluminios de gran calidad, además de diferentes tratamientos térmicos que con menor cantidad de material pueden conseguir la misma resistencia.
- La geometría es otro punto fuerte en el diseño ya que de él depende la manejabilidad de la bicicleta, una bicicleta con las medidas apropiadas puede ser más ágil y rápida que una que no esté diseñada de forma correcta.
- Estética de la bici. Buscamos desarrollar una bicicleta diferente a lo que podemos encontrar en el mercado, la mayoría de los modelos utilizan tuberías rectas, por lo que se elige, si las simulaciones dan como válido el modelo, que por lo menos el tubo superior tenga algo de curvatura. Hay que decir que muchas veces la estética viene determinada por una moda, unos colores o la geometría de los tubos. En este aspecto se intentará ser innovador.

8. Elección del tipo de bicicleta y material con el cual estaría hecho el modelo

Una vez expuesta toda la información anterior sobre componentes de una bicicleta de montaña, su historia, los tipos de bicicletas de montaña que hay en el mercado, los materiales con los que se fabrican cuadros de bicicletas, los sistemas de suspensión trasera y las características que debe cumplir el diseño, procedo a las primeras decisiones importantes que marcarán el desarrollo del proyecto.

8.1 Elección del tipo de bicicleta

Como ya he nombrado anteriormente el tipo de bicicleta de montaña que vamos a elegir va a ser una bicicleta de rally de doble suspensión. Esta decisión está tomada en base al creciente uso de las bicicletas de doble suspensión en todas las variantes de este deporte y que el rally es la modalidad más extendida, además de estar abierto a más mercado potencial por lo tanto.

8.2 Elección del material

Elegimos el material con el que haremos las simulaciones en el ordenador, y sería el material con el que el producto saldría al mercado. El material elegido es la fibra de carbono. Me he basado en esta elección porque es un material en auge, cada vez más utilizado, y su uso se asocia a los términos calidad, ligereza, robustez y estética. Además cabe destacar que las simulaciones también las llevaré a cabo con aluminio 7005, ya que también creo que es interesante presentar el mismo diseño en aluminio, lo cual haría que si el producto saliera con estas dos versiones, una de carbono y otra de aluminio. La versión de aluminio nos abriría más el mercado, ya que el precio de un cuadro realizado con este material es menor.

Lo que tendrían en común los dos diseños básicamente sería el basculante trasero, que estaría hecho con fibra de carbono, en el siguiente punto explico esta decisión ya que está definida con por la elección del sistema de suspensión trasera.

8.3 Elección del sistema de suspensión.

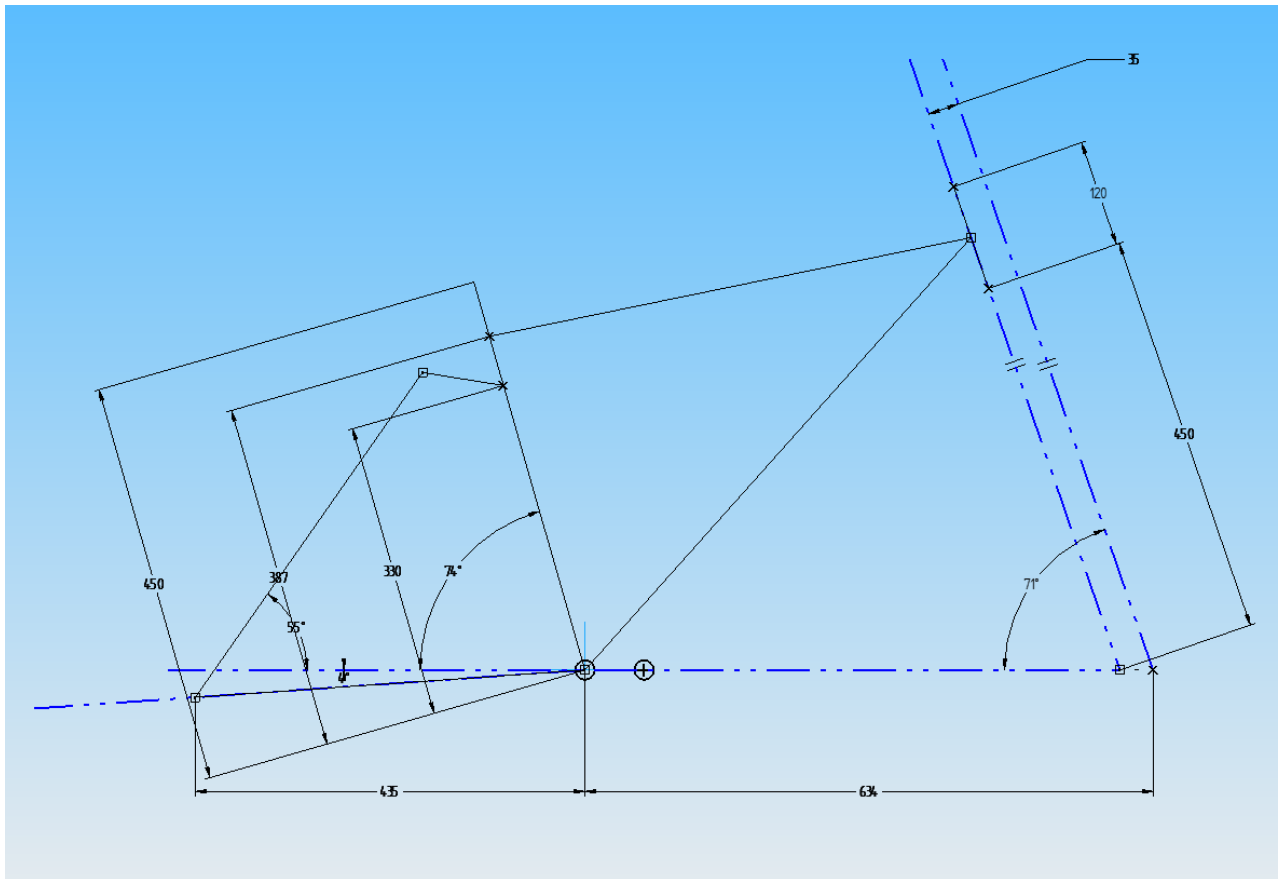
Con respecto al sistema de suspensión nos decantamos por un sistema de paralelogramo deformable, más concretamente por un sistema Faux bar. Lo peculiar del sistema que hemos elegido es que los rodamientos del basculante trasero los eliminamos, ya que apostamos por un sistema en el que el movimiento del sistema de suspensión trasera viene dado por la flexión del basculante trasero, en vez de rodamientos. Esta elección se debe a que la suciedad a la que está expuesta la bicicleta es importante, ya que el polvo y el barro tienden a concentrarse en ese lugar. La suciedad afecta al funcionamiento de los rodamientos pero no a un basculante que trabaja a flexión. El basculante trasero será la pieza que flexione, está diseñada para tal fin con fibra de carbono. La principal innovación viene dada por las posiciones de las articulaciones del basculante trasero.

9. Diseño del cuadro mediante Solid Edge (software 3D)

Después de todas las fases anteriores comienza la fase de diseño en ordenador mediante software 3D, en este caso Solid Edge, teniendo definida previamente una geometría para el cuadro de la bicicleta, es decir, las medidas y los ángulos que definirán dicho cuadro.

9.1 Geometría

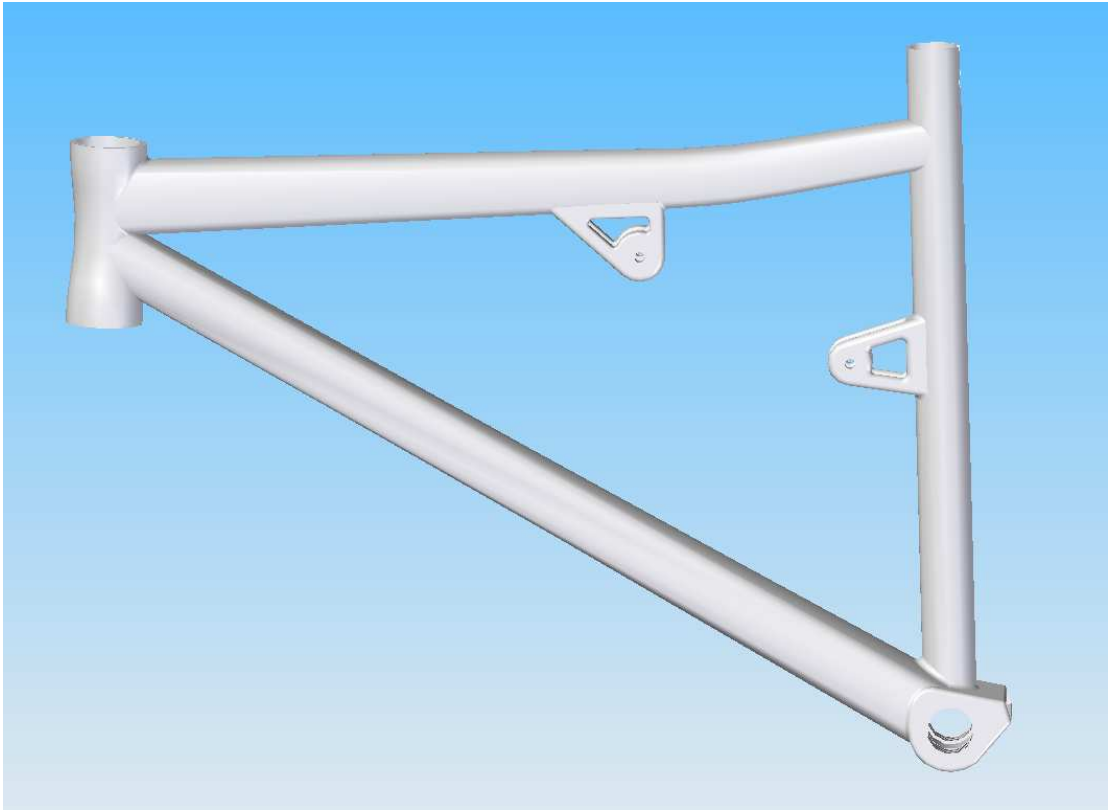
Hablando ahora de la geometría esta depende principalmente del uso al que va destinada la bicicleta. No es lo mismo una bicicleta para descenso que para hacer rutas, además de influir la persona que va encima, no es lo mismo una persona que mida 1,70 metros que otra que mida 1,90 metros. En este último caso lo único que varía es la longitud de los tubos que forman el cuadro de la bicicleta, que vendría a ser las diferentes tallas de cuadro de bicicleta que hay en el mercado, es importante destacar que las tallas no están estandarizadas. En referencia a los ángulos que forman entre si los tubos, los más importantes son los de dirección y los del tubo del sillín. A continuación se muestra la geometría base que tendrá la bicicleta, cabe destacar que los tubos son las líneas rectas, pero que en la realidad no suelen seguir esa trayectoria, solo coincidiendo en dos puntos, el inicial y el final.



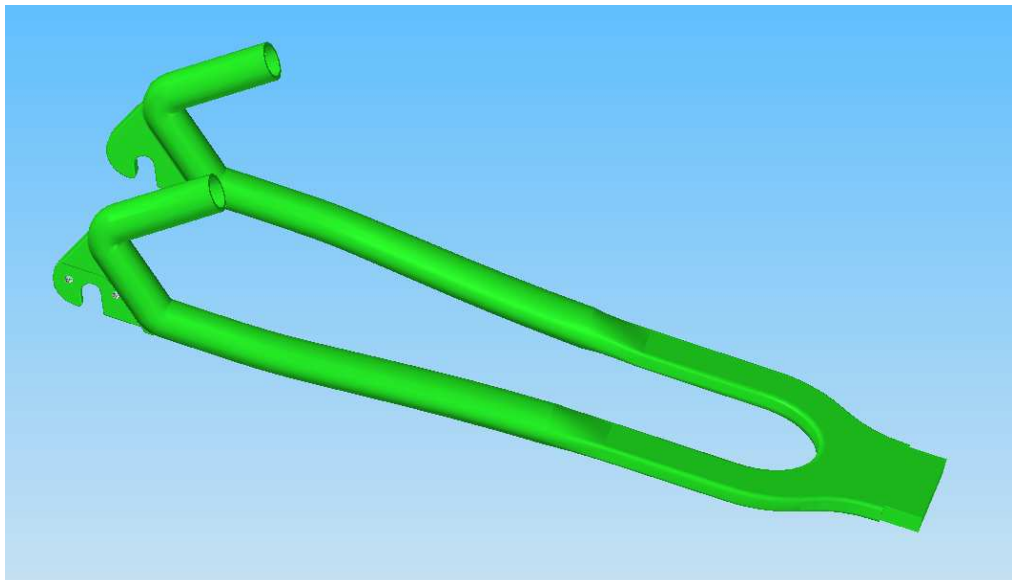
Los ángulos de 71° y de 74° son, respectivamente, el ángulo de dirección y el ángulo del tubo vertical donde se coloca la tija y el sillín.

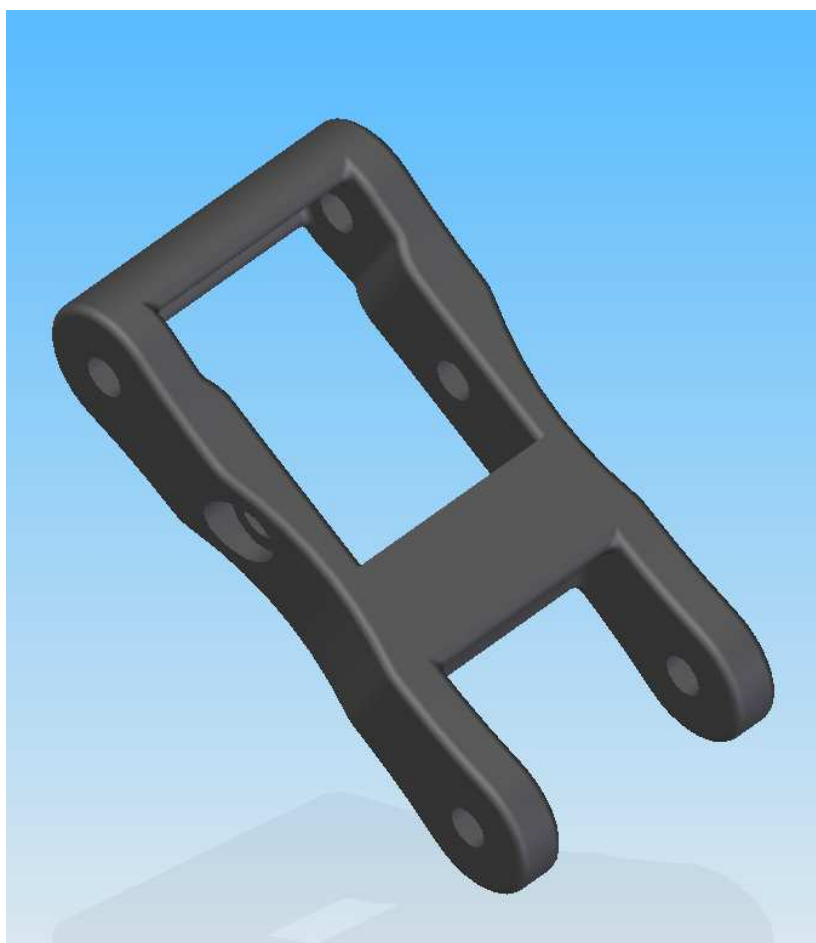
La geometría viene dada por el estudio de las medidas que tienen las bicicletas de diferentes marcas presentes en el mercado, de una misma talla y para una persona con una estatura de 1,74 m. La estética no influye en la definición de la geometría base de una bicicleta, pero si la experiencia del autor del proyecto como usuario de bicicletas de montaña. Es importante reseñar que el cuadro se ha diseñado en varias partes, aunque la geometría influya en todas ellas, como en la realidad se hace es de la siguiente forma:

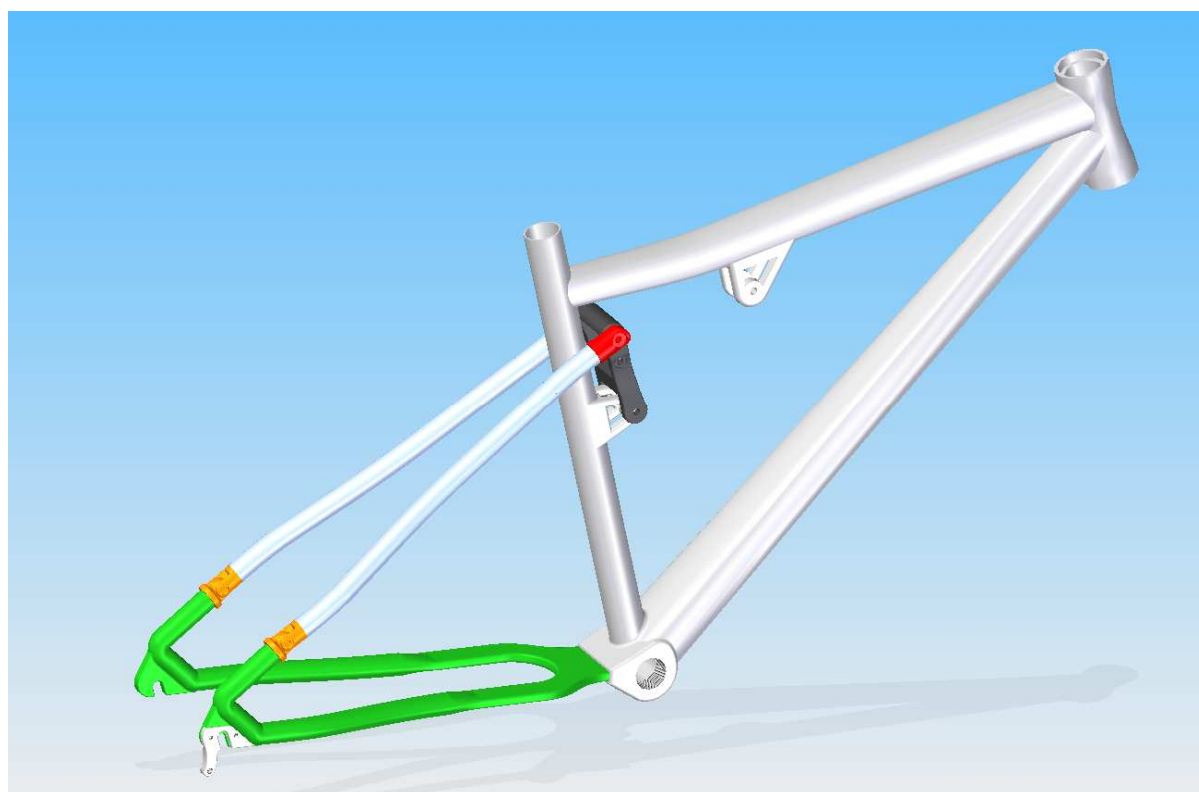
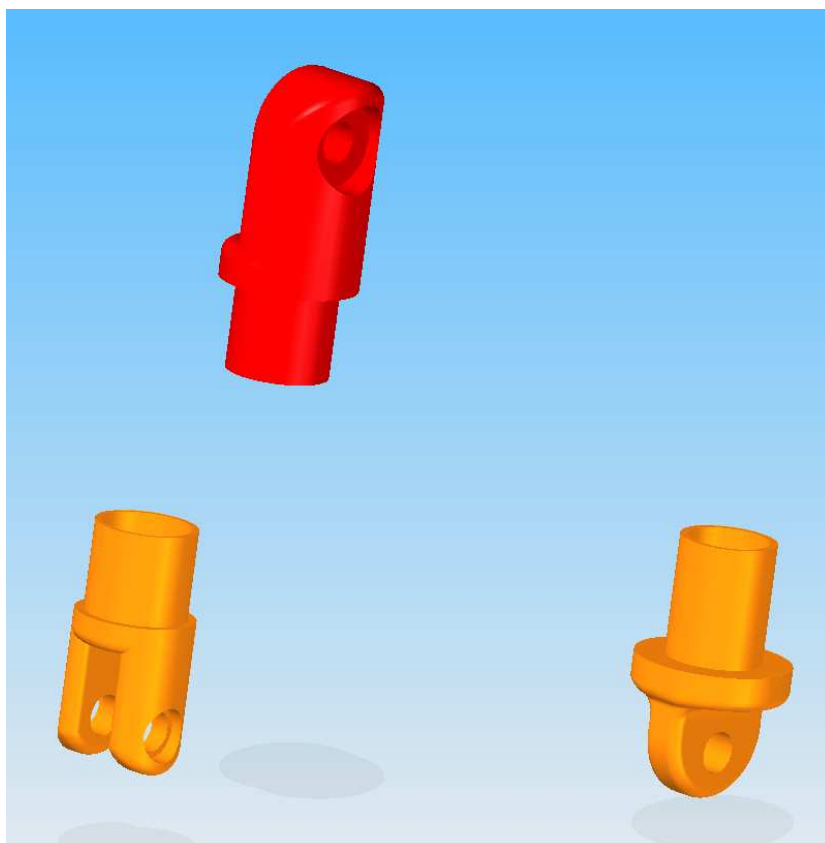
9.1.1 El triángulo delantero, que recibe este nombre por tener una forma similar a la figura geométrica con el mismo nombre. A continuación se muestra un ejemplo de triángulo delantero:

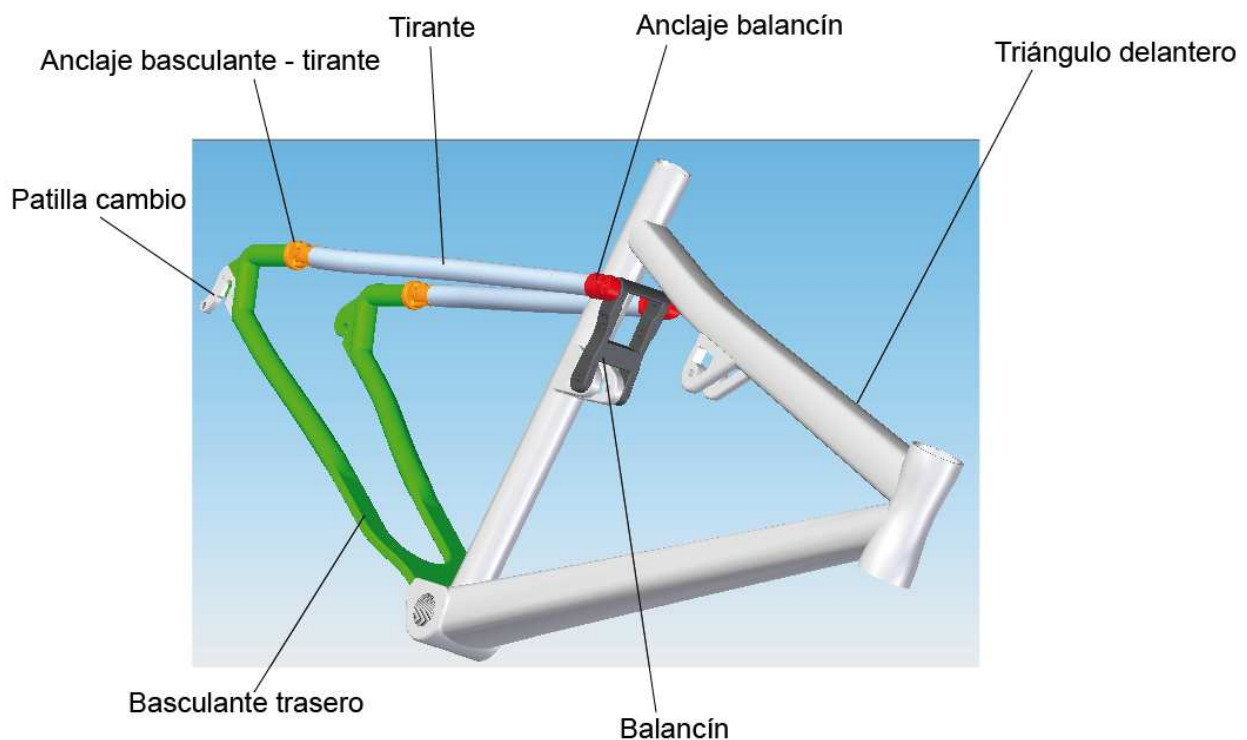


9.1.2 Basculante trasero, que es la parte que se une al triángulo delantero, mediante diferentes uniones, que es la parte móvil del cuadro y que se une al triángulo delantero, a parte de métodos de unión convencionales, con un amortiguador para obtener una bicicleta de doble suspensión. Esta parte puede estar compuesta por una sola pieza o por varias, en este caso esta compuesta por varias: el basculante trasero, los tirantes, el balancín y los tetones de unión. En las siguientes imágenes se quiere mostrar el basculante trasero, el tirante trasero, el balancín o bieleta y los tetones de unión, respectivamente, además del cuadro montado con todas las piezas :







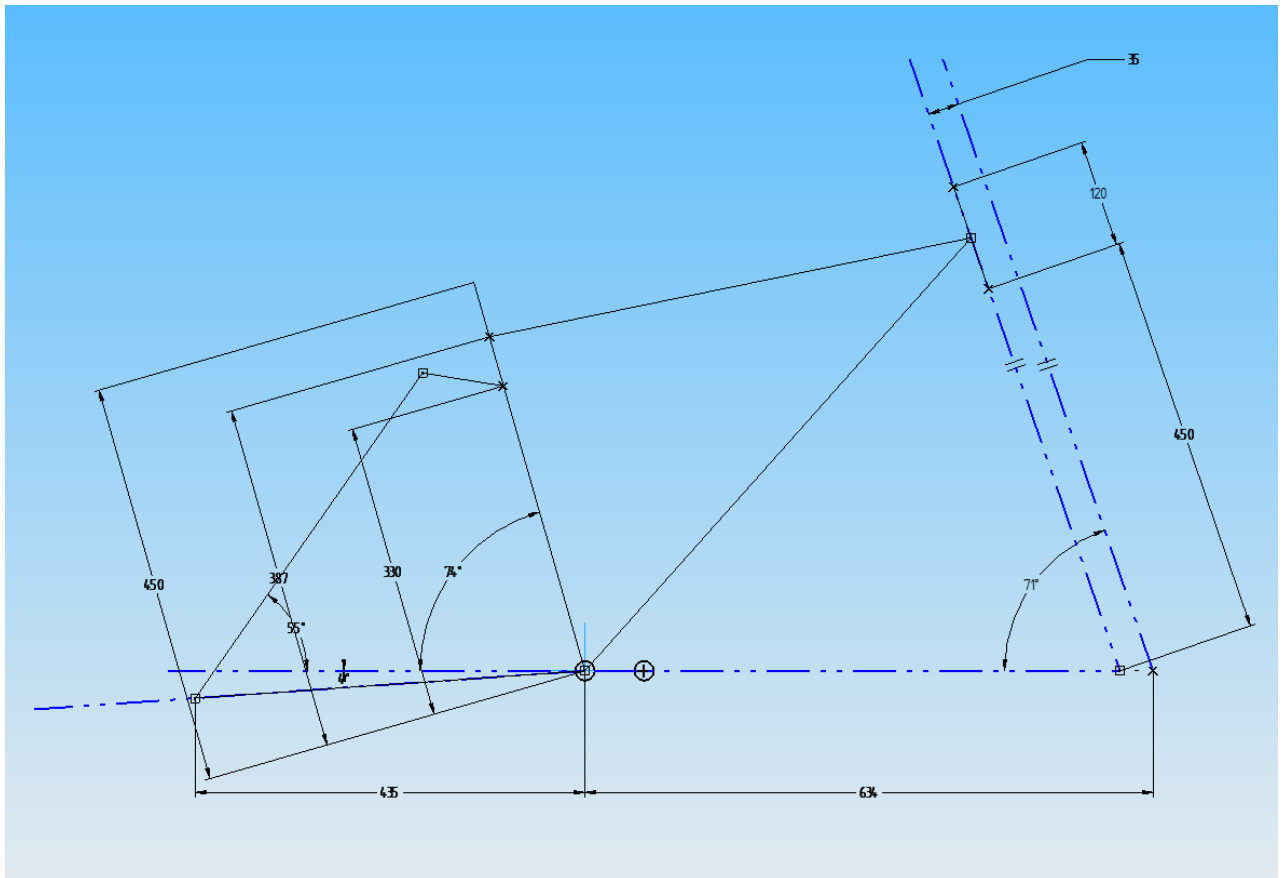


9.2 Diseño 3D del cuadro

En este apartado se procederá a explicar el proceso de diseño seguido a lo largo del desarrollo de este producto. El programa informático utilizado durante este proceso ha sido Solid Edge.

¹⁰ Se comienza con la búsqueda de documentación sobre las diferentes bicicletas de doble suspensión que en el mercado se nos ofertan. Podemos encontrar multitud de marcas, y cada una tiene un amplio catálogo de bicicletas, diferenciándose en el tipo de mountain bike (rally, descenso,..., etc.), materiales utilizados en su fabricación y su precio. Con esta información, en el apartado de características técnicas miramos la geometría de los cuadros de los diferentes modelos, y podemos ver que la geometría varía según el uso al que vaya destinado la bici, por lo tanto la primera decisión que tomaremos será el uso al que va destinada la bicicleta. En este momento tomamos la decisión de que nuestro cuadro de mountain bike irá destinado para el uso de rally o marathon, el sector más importante dentro de la bicicleta de montaña hoy en día, ya que la mayoría de los aficionados practican esta modalidad. Además tomaremos la decisión de que el usuario será un hombre. Aunque actualmente ante la creciente práctica de este deporte en el caso de las mujeres ha ocasionado que varias marcas importantes del mercado hayan sacado modelos específicos para mujeres. La principal diferencia con un cuadro destinado para un hombre y para una mujer, es que el destinado para el público femenino el tubo superior más corto, distancia entre el eje de pedalier y el eje de la rueda delantera.

Una vez tomada la decisión anterior, definiríamos la geometría que tendrá nuestra bicicleta. Las medidas que definen la geometría de una bicicleta son las siguientes que se muestran en la imagen:



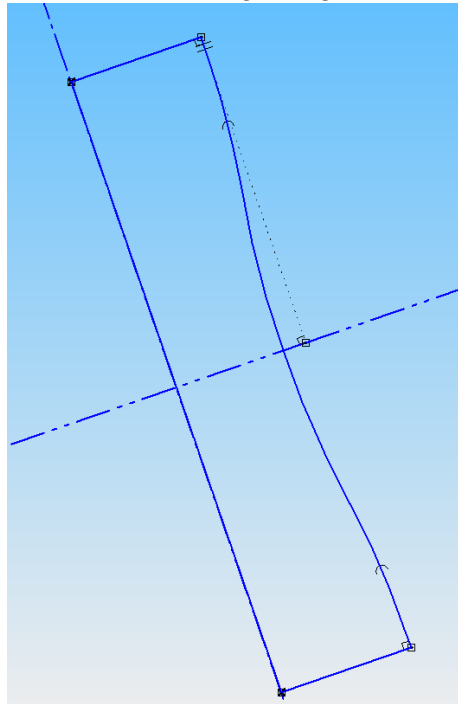
Cabe destacar que el punto de referencia para el diseño de una bicicleta, o punto a partir del cual se comienza a definir la geometría del cuadro, es el eje de pedalier. Como se puede ver en la imagen de ese punto parten la mayoría de las medidas. Las dimensiones que se han dado al cuadro corresponderían para que fuera usado por una persona de estatura media en España, la estatura media de la población española es de 1,73 m para los hombres, que es el público seleccionado (dato obtenido del instituto nacional de estadística).

2º Después de la primera fase y ya con la geometría definida comenzamos a dibujar las diferentes partes que componen el cuadro. Empezaré dibujando el triángulo delantero, siempre tomando como base la geometría que antes hemos definido, aunque puede sufrir alguna pequeña variación, en cuanto a trayectoria de los tubos que lo conforman, pero no a la distancia de los puntos de unión entre los tubos.

El primer tubo que se dibuja es el tubo vertical, el único tubo que sección circular del que se compondrá el cuadro, ya que la sección debe de ser estándar para poder acoplar la tija donde colocaremos el sillín. El ancho interior del tubo deberá ser de 31,6 mm, para poder acoplar correctamente la tija y poder subir o bajarla, para colocarla a la altura apropiada para el usuario.

Después de haber realizado el tubo vertical, se comenzará a diseñar la pipa de la dirección, es decir, el lugar donde se coloca la horquilla de suspensión y se ajusta con el cuadro mediante la dirección y la potencia. Cabe destacar que el vaciado interior también deberá ser circular con una anchura de 29 mm, ya que los tubos de la horquillas o tubo

de dirección tienen una medida de 28 mm. Esta diferencia no es preocupante ya que el ajuste final se consigue al colocar la dirección en el cuadro y en la horquilla. El perfil por el que se ha optado en este caso, es un perfil de un cuerpo de revolución, más concretamente el que podemos ver en la imagen siguiente.



La elección de esta forma es meramente estética, marcada por la tendencia del mercado de la bicicleta de montaña desde hace varios años.

3º Llegados a este punto solo nos quedan por definir los tubos superior e inferior del triángulo delantero. Ahora llega el momento de una toma de decisión:

¿Qué puede diferenciar nuestro producto de los de la competencia?

En la búsqueda de información sobre marcas de bicicletas y modelos nos podemos dar cuenta que cada marca tiene uno o dos modelos como buques insignia, a partir de los cuales se define la estética de los demás modelos, o se hacen muy parecidos. Esto se puede ver ya que los nombrados “buques insignia” suelen ser la bicicletas más modernas y caras de cada marca, por lo que la estética (colores, diseño,..., etc.) de las demás bicicletas de esa marca se comienza a definir a partir de ellas.

A continuación nombré varias marcas y una de sus bicicletas importantes o que hoy en día destacan el mercado:

- Orbea: Oiz, modelo de doble suspensión fabricado con fibra de carbono, que destaca por su innovador sistema de suspensión trasero, más conocido como U-flexión, donde el basculante trasero destaca porque no actúa mediante cojinetes sino que el basculante trasero al estar fabricado con fibra de carbono (con las fibras orientadas en unas determinadas direcciones) es el que flexa o “se mueve” y con el se obtiene el movimiento del basculante trasero. Cabe destacar la forma de sus tubos, con sección variable y su ligero peso.

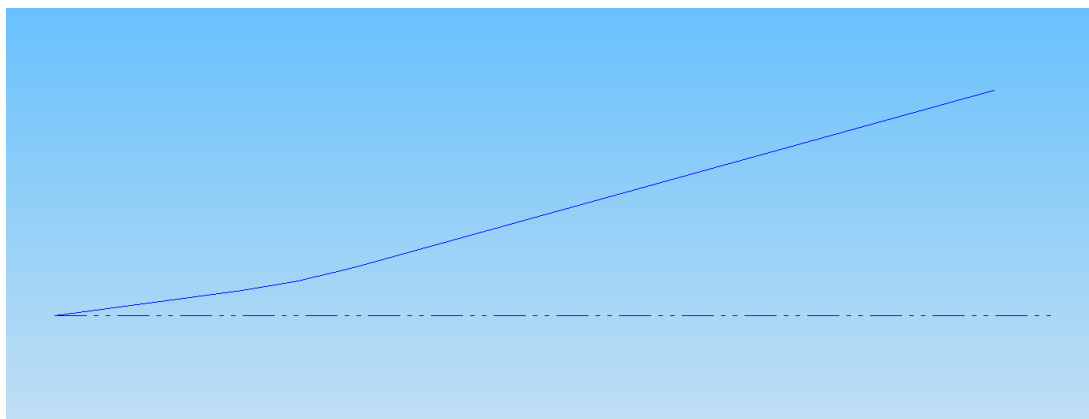
- Scott: Scale, buque insignia de esta marca estadounidense desde hace varios años, año tras año es mejorado, y en cada temporada destaca por su innovador diseño,

destacando los colores con los que es decorado, y que marca la tendencia del resto de modelos que la marca saca al mercado. Otro modelo importante de esta marca sería la Scott Spark, modelo de doble suspensión muy parecido formalmente a la Scale.

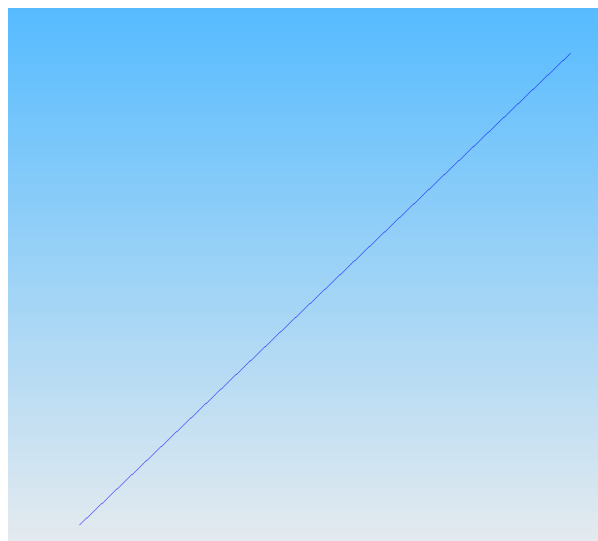
- Cannondale: Scalpel, modelo de doble suspensión, que al igual que la Oiz de Orbea, su basculante trasero esta fabricado en fibra de carbono y su sistema de funcionamiento es muy parecido al de Orbea, pero la diferencia esta en el punto donde flexa o se “dobla” el basculante. Este modelo marco tendencia hace varios años, al introducir la horquilla delantera “Lefty”, una horquilla que solo tiene un brazo en lugar de dos, más concretamente el de la izquierda, por ello su nombre. Los tubos que componen el cuadro son de sección circular, aunque el tamaño de la sección varía a lo largo de la trayectoria de los tubos.

Después de esta breve exposición toma la decisión de que los dos tubos serán de geometría variable a lo largo de toda su trayectoria, y que la trayectoria del tubo superior será ligeramente curvada. Las partes que más tensiones y diferentes solicitaciones soportan son el eje de pedalier y la pipa de dirección, por lo tanto tomó la decisión de la sección del tubo superior sea mayor en la pipa de la dirección que en su unión con el tubo vertical, y que el tubo inferior se va anchando a lo largo de toda la trayectoria, desde la dirección hasta el eje de pedalier.

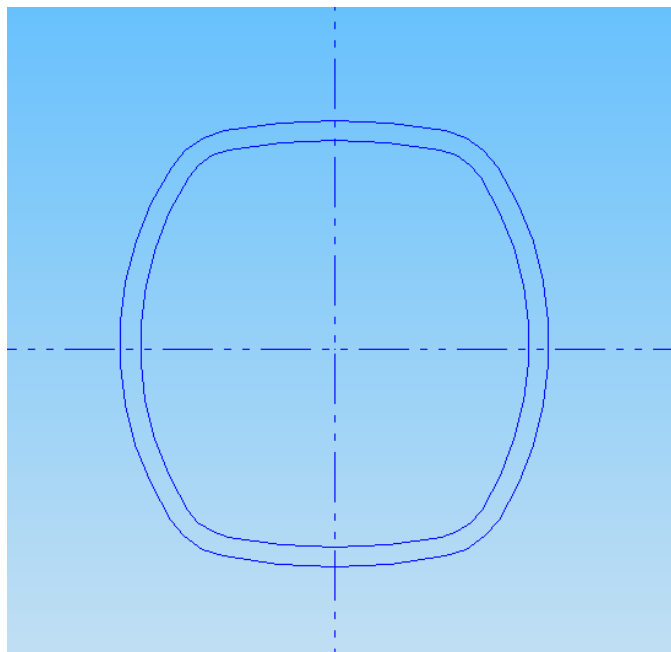
Las secciones que se han elegido vienen a ser un cuerpo geométrico con un cierto aspecto ovalado. A continuación se muestran varias imágenes relacionadas con las trayectorias y secciones de estos dos tubos, más adelante en los planos serán definidos con todas sus medidas:



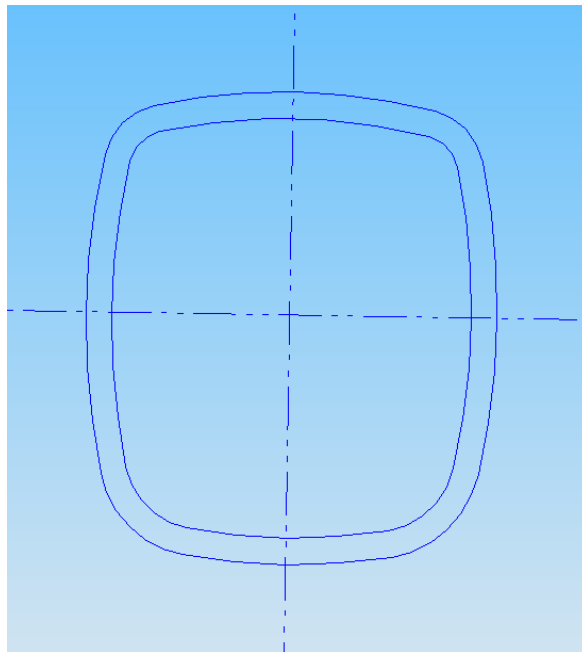
Trayectoria Tubo superior



Trayectoria Tubo inferior



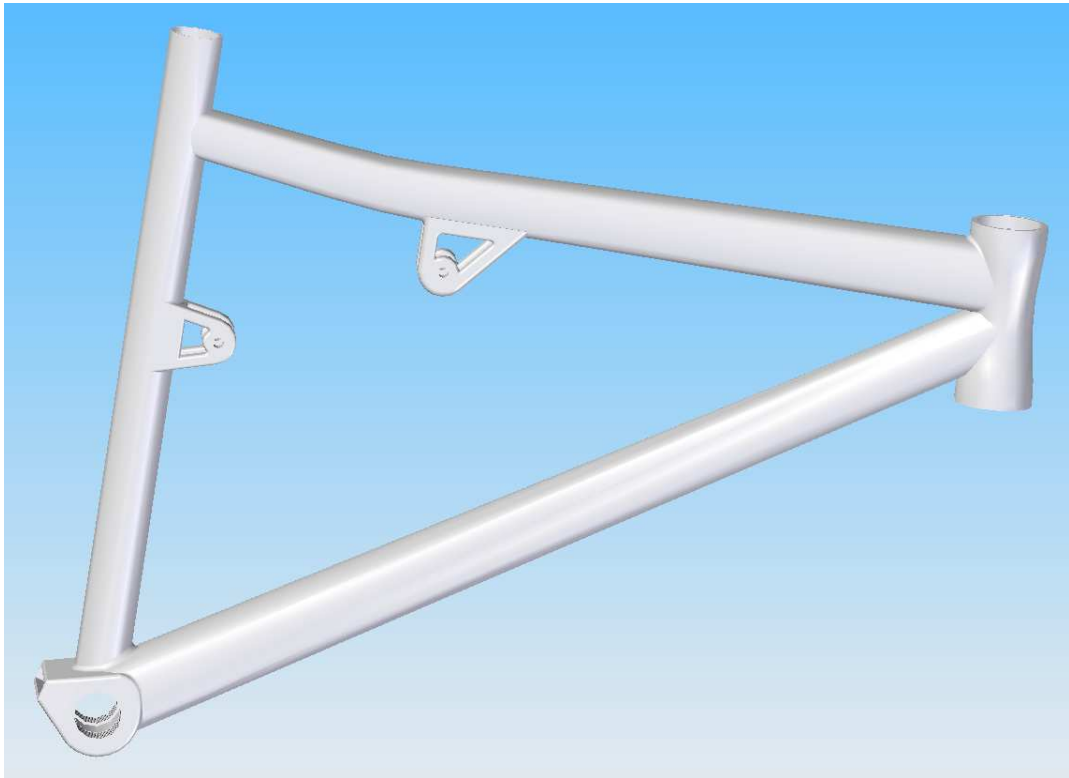
Sección 1 Tubo inferior



Sección 2 Tubo superior

4º Lo siguiente que nos quedaría por dibujar sería la caja del pedalier, donde se unen los tubos vertical e inferior que componen el cuadro, siendo una de sus secciones críticas, ya que en este punto se soportan las mayores tensiones. Además este punto, al ser el más cercano al suelo de todo el cuadro sufrirá golpes y vibraciones debido a su uso. También en este paso se añaden al cuadro los soportes en los que se sujetará el balancín que une el basculante trasero y el triángulo delantero y donde sujetaremos en amortiguador trasero. Con los tres pasos anteriores y este último el triángulo delantero del cuadro quedará totalmente definido, aunque sufrirá modificaciones, en el espesor de los tubos, debido a las simulaciones realizadas posteriormente para aligerar el cuadro donde se puede sin comprometer su resistencia y mejorar el cuadro en los lugares en

que pudieran aparecer concentración de tensiones. A continuación se muestra una imagen del triángulo delantero del cuadro terminado.



5º Llegados a este punto después de haber terminado de definir el triángulo delantero del cuadro, se procede al diseño del basculante trasero. Aquí se nos plantea una duda:

¿Utilizamos un sistema de suspensión trasera convencional o utilizamos las propiedades de algún material en sustitución de los sistemas convencionales?

Antes de hacer esto debemos ver que tipos de sistemas de suspensión trasera hay en el mercado, bien en catálogos de diferentes marcas o revistas o publicaciones relacionadas con la bicicleta de montaña. Un uno de los apartados anteriores se han explicado los tres sistemas principales de suspensión y se ha tomado la decisión de que el sistema sea un sistema de paralelogramo deformable Faux-bar, en el que los cojinetes o rodamientos de un sistema convencional son sustituidos por una plancha de fibra de carbono que absorbe los golpes, obstáculos y vibraciones que se producen al utilizar la bici haciendo doblarse a las fibras, siendo el movimiento resultante igual que el obtenido con el sistema convencional.

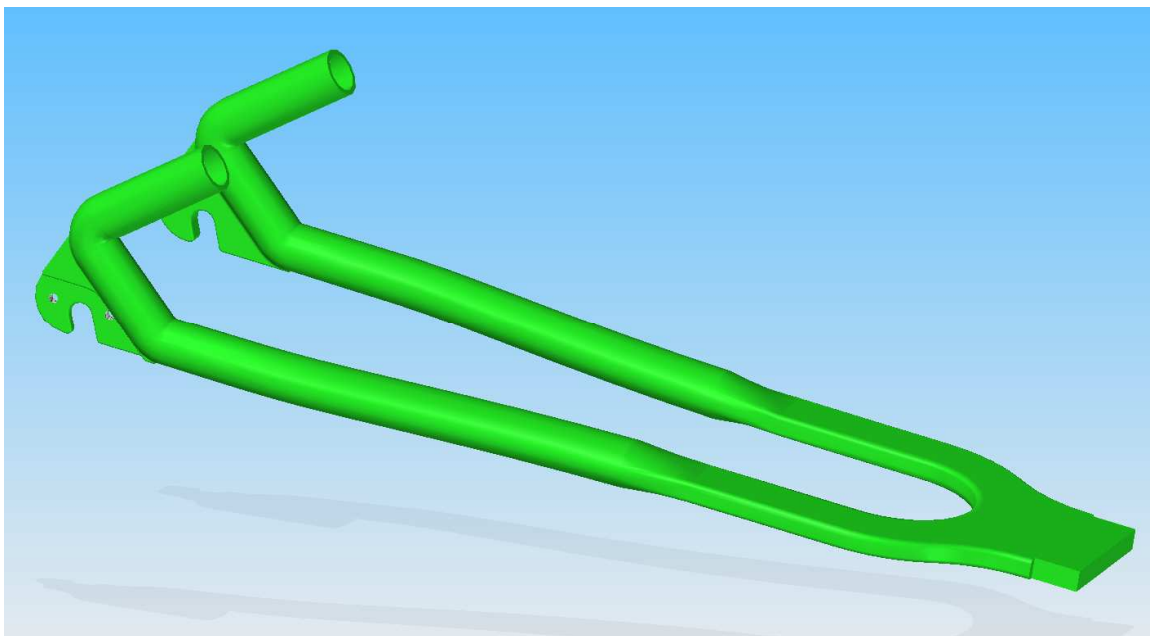
Me he decantado por esta solución ya que uno de los problemas que se plantea en el uso de bicicletas de doble suspensión es que los rodamientos o casquillos que están al lado del eje de pedalier están muy expuestos a diferentes agentes externos que hacen que su funcionamiento no sea el óptimo. Agentes externos como el barro hacen que sea necesario desmontar, limpiar y ajustar los rodamientos en ciertas ocasiones, lo que es un trabajo manual laborioso y muchas veces costoso, ya que solo mecánicos especializados tienen la herramienta para hacer dicho mantenimiento.

Al sustituir los rodamientos o cojinetes por este sistema nos podemos olvidar de la acción de los agentes externos en el funcionamiento de amortiguador trasero.

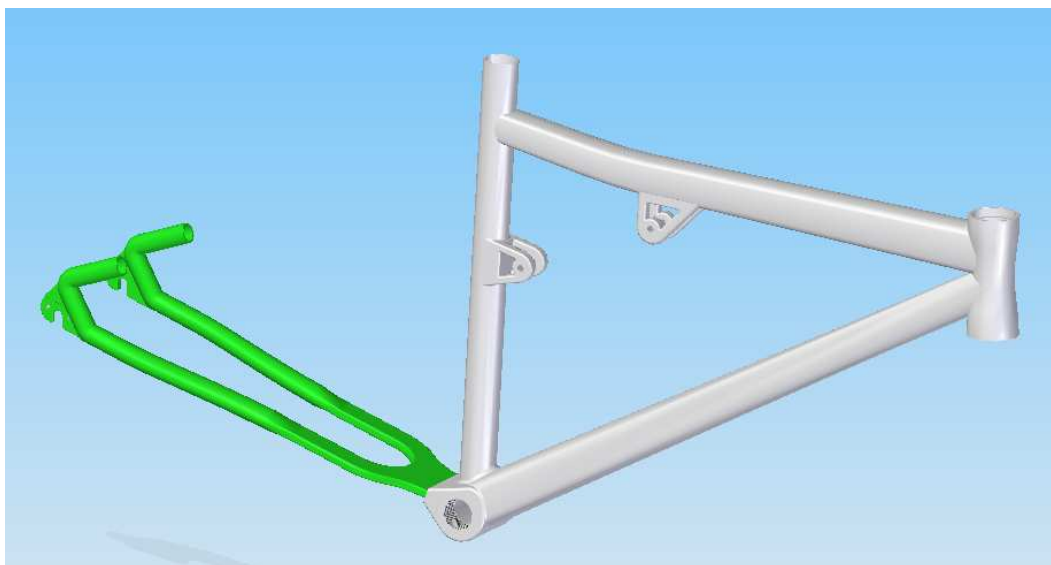
Actualmente en el mercado hay varias marcas que utilizan un sistema muy parecido, pero varían el lugar donde el basculante trasero “se dobla”. Por ejemplo en el caso de la bicicleta Orbea Oiz flexa en un punto cercano al eje de pedalier, y en el caso de la Cannondale Scalpel flexa en un punto intermedio del basculante trasero. En el caso de este proyecto se utilizará un sistema en el que el punto de flexión este más cercano al eje de pedalier.

El basculante trasero se unirá al triangulo delantero embutiendo el primero en el segundo, en la caja del pedalier donde se ha preparado una ranura para tal fin. En el mismo basculante se han dibujado los anclajes donde va colocada la rueda trasera, donde van colocados los frenos y el rebaje donde iría colocada la patilla de cambio. Esta última pieza se hace en aluminio 7005, siendo atornillada al basculante, ya que en caso de rotura esta sea intercambiable. La patilla de cambio sirve como soporte de sujeción del cambio trasero, y como esta parte es la más exterior de toda la bicicleta, esta expuesta a golpes que pueden hacer que se parta, y siendo esta intercambiable podemos evitar que el producto en caso de este fallo no sea válido para su uso en ese caso.

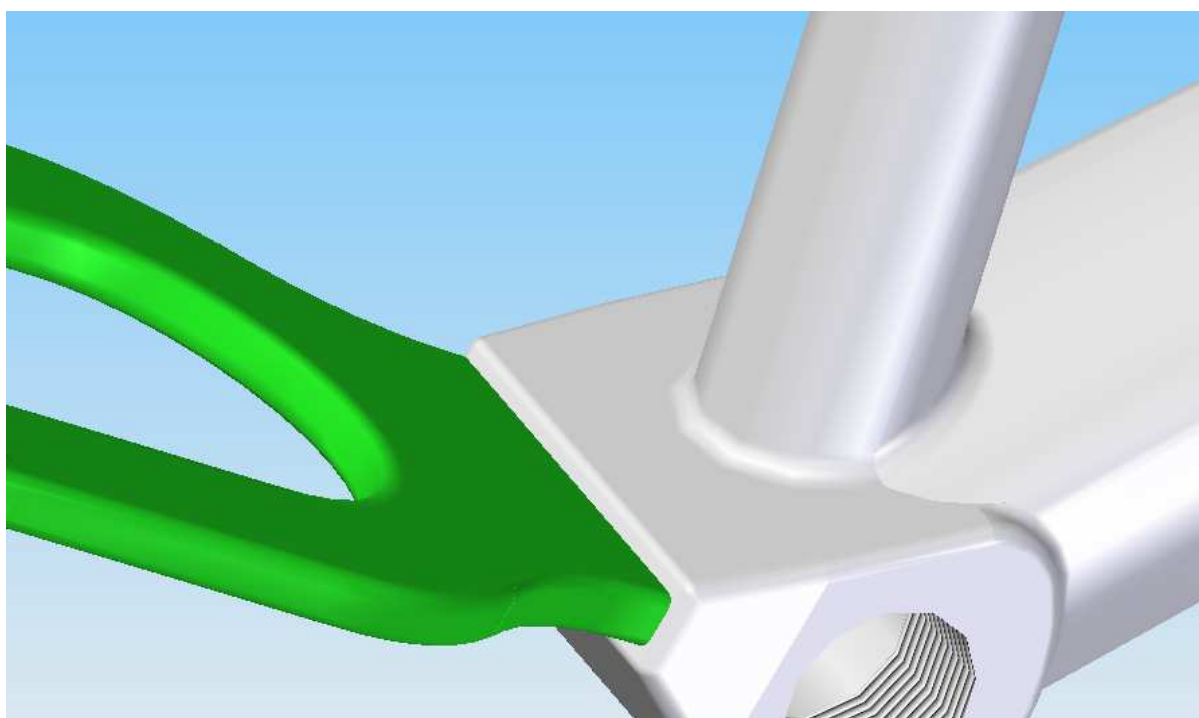
En las siguientes imágenes podemos ver el basculante trasero y la misma pieza unida al triángulo delantero.



Basculante trasero



Conjunto basculante trasero – triángulo delantero



Vista detalle unión basculante trasero – triángulo delantero

6º En este punto ya tenemos definidos los dos elementos más importantes de los que componen el cuadro de la bicicleta de montaña. Ahora solo quedan por definir y diseñar el balancín, los anclajes, las vainas y la patilla de cambio, esta última pieza es con la que seguiremos en este momento.

Antes de dibujar esta pieza hay que decir que tenemos que hacerla de tal manera que encaje de manera perfecta con el rebaje que se ha hecho en el anclaje derecho del basculante trasero. Esta pieza se unirá al basculante trasero mediante dos tornillos de cabeza allen de rosca métrica 5 que van roscados al mismo basculante. Estas piezas en

todas las bicicletas que encontremos hoy en el mercado son desmontables, excepto en las de muy baja calidad.



El rebaje que podemos ver en la parte inferior de la patilla es para ajustar el cambio trasero de forma correcta y asegurar que este no se va a mover de su posición de asiento sobre la misma. El agujero de donde se coloca el cambio está roscado para tornillos de rosca métrica 7, ya que el tornillo allen que va incluido en el cambio para su montaje en las bicicletas también es de rosca métrica 5. Se puede decir que esta medida está estandarizada ya que todos los cuadros y cambios del mercado tienen este tipo de rosca.

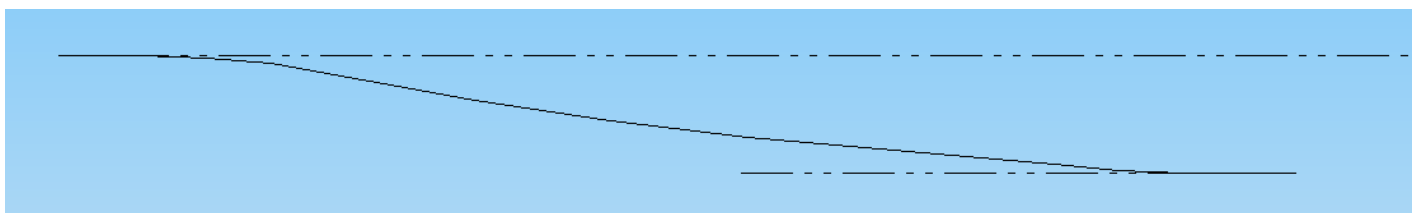
7º La siguiente pieza que se procederá a diseñar será el balancín, esta pieza en las bicicletas de doble suspensión y que utilizan el mismo sistema se suele hacer mediante mecanizado o mediante la inyección de aluminio. Este componente del cuadro tiene la misión principal de transmitir el movimiento del basculante trasero al amortiguador trasero y que este lo absorba. El acabado de estas piezas es excelente, y pueden tener un aspecto pulido o estar pintadas en diferentes colores, según sea el diseño de la bicicleta por parte del fabricante.

Esta pieza se agarra al cuadro mediante unos casquillos que se atornillan al cuadro y al basculante y permiten el giro de esta pieza. A continuación se muestra el balancín diseñado.

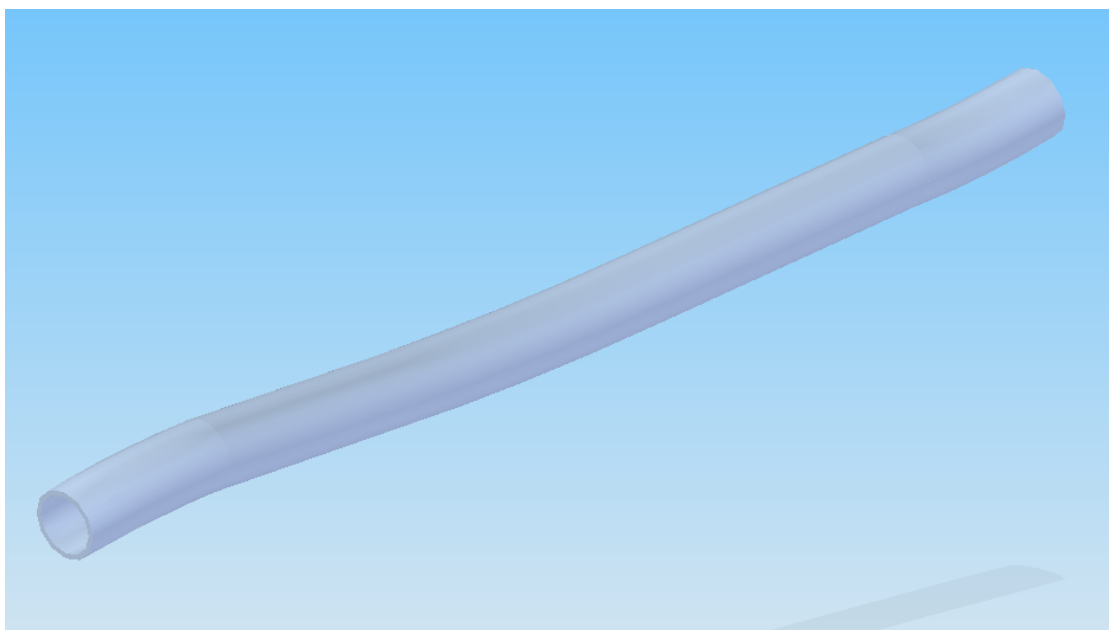


Como podemos ver en la imagen el balancín tiene 3 pares de agujeros que sirven para lo siguiente: Los dos agujeros inferiores son en los cuales se colocan los casquillos que sujetan la pieza al cuadro. Los dos agujeros del medio son en los cuales se introduce un eje pasante en el cual se coloca uno de los extremos del amortiguador. El otro extremo del amortiguador se sujeta al anclaje superior del cuadro. Y los dos agujeros superiores es el lugar donde se agarra cada una de los tirantes que transmiten el movimiento del basculante trasero al balancín.

8º Las siguientes piezas que se diseñaran serán los tirantes traseros, con solo diseñar uno vale, ya que el otro es simétrico. Este componente se unirá al basculante trasero y al balancín mediante unos anclajes. Hablando ahora sobre los tirantes traseros podemos decir básicamente que en los cuadros que el mercado se nos ofertan encontraremos dos tipos: los que su trayectoria es recta o los que su trayectoria tiene una cierta curvatura. Normalmente la elección de uno u otro tipo suele ser una decisión meramente estética, ya que gracias al software que tenemos hoy en día, podemos ver con cuál la bici es más atractiva. En el caso de este proyecto se ha elegido que la trayectoria de los tirantes tenga cierta curvatura ya que hace a la bici más agradable a la vista, parecen unas piezas más trabajadas. La sección de éstas es circular y al igual que el resto de piezas se verán modificadas a lo largo de las diferentes simulaciones, ya que pueden fallar o si no lo hacen, podemos quitar material y aligerarlas. En las siguientes imágenes se muestran la trayectoria del tirante y uno de los tirantes:

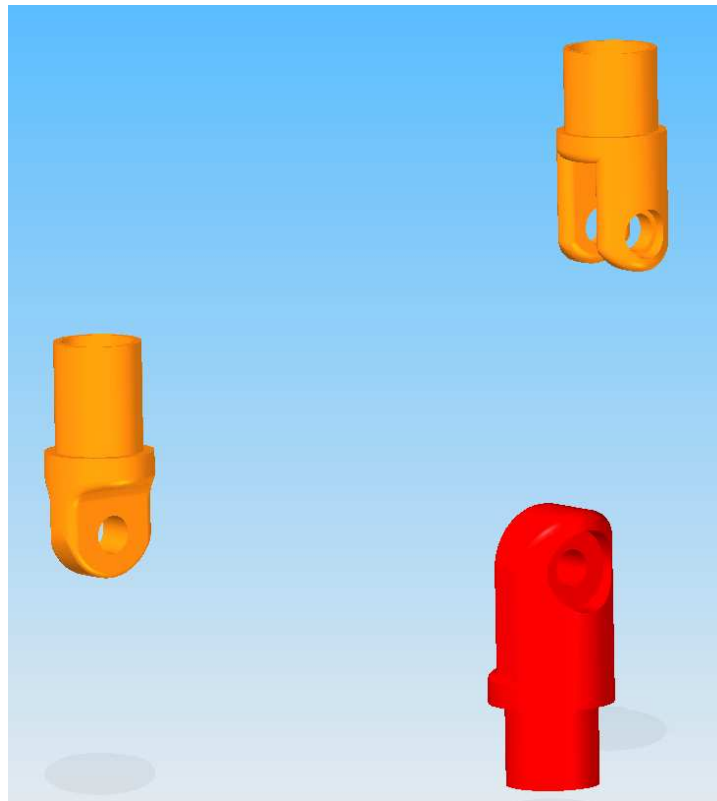


Trayectoria tirante



Tirante

10º En este último punto dedicado al diseño hablaremos sobre los tres anclajes que se deben diseñar para unir el basculante trasero con los tirantes y para unir los tirantes con el balancín. Estos componentes tienen la misión de unir unas piezas con otras y transmitir el movimiento del basculante trasero a las demás piezas móviles del cuadro. A estas piezas durante el proceso de ensayos se les atribuirá el aluminio 7005 como material. Estas piezas se unen al basculante y a los tirantes mediante una unión pegada, ya que estas piezas están sujetas a piezas de fibra de carbono y es la única forma de conseguir una buena unión entre ellas. A continuación se muestran los tres anclajes diseñados, el de la izquierda va a uno de los dos extremos del basculante trasero y los otros dos van en cada uno de los extremos de los tirantes.



Después de haber dibujado todas las piezas anteriores, además de los correspondientes tornillos de unión que hagan falta, se procederá al ensamblaje de las piezas para conformar el cuadro de montaña. Los tornillos que se han tenido que dibujar en caso de que el modelo diseñado, serían tornillos normalizados para uniones móviles. En el siguiente punto se tratará el tema del ensamblaje pieza a pieza del cuadro.

11º En este punto explicaré de una manera textual y gráfica el montaje del cuadro paso a paso, una vez diseñadas todas las piezas que lo componen.

- Lo primero que debemos hacer es elegir el modo de conjunto en el programa de dibujo 3D en lugar de elegir el modo pieza, en el que hemos dibujado las piezas anteriores.

- Seguidamente se procederá a introducir las piezas una a una y ensamblarlas con diferentes restricciones cada una. La primera pieza que se introduce es el triángulo delantero, seguidamente introducimos el basculante trasero, ya que es la segunda pieza más grande de las que conforman el cuadro y está en contacto directo con el triángulo delantero. Después de introducirla se definen las condiciones o restricciones de montaje

que serán las siguientes: el saliente del basculante debe ir dentro de la cavidad del pedalier del triángulo delantero, uno de los laterales de este saliente debe coincidir con uno de los extremos de la cavidad (si elegimos el derecho del basculante será también el derecho de la cavidad) y le decimos que la cara superior del basculante debe coincidir con la de la cavidad. Con estos pasos quedarían definida la unión.



- Después de esto se introduce el balancín y las restricciones que se le imponen son: que el eje de los agujeros inferiores (extremo más estrecho) debe coincidir con el eje del agujero del amarre inferior y que una de las caras interiores del balancín debe coincidir con uno de los laterales del amarre. El ensamblaje de esta pieza queda en este momento incompleta, pero más tarde al introducir las demás piezas quedará definido.
- En este momento se incluyen en el ensamblaje los ensamblajes, primero los que van pegado al basculante, definiendo una coincidencia de ejes y caras, y posteriormente los anclajes de los tirantes. En estos últimos se definiría una coincidencia de ejes de los agujeros, no quedarían definidos completamente, pero al igual que en el paso anterior al introducir las demás piezas e introducir las demás restricciones quedarán definidos.



- Las siguientes piezas que se ensamblan son los tirantes, haciendo una coincidencia de ejes con los últimos anclajes colocados y una coincidencia de cara, para que no se muevan longitudinalmente. En esta paso también se pueden añadir los anclajes que unen los tirantes y el balancín y las restricciones que se introducen son una coincidencia de eje con los tirantes, otra con el agujero del anclaje y el agujero superior del balancín, además de una coincidencia de la cara plana de cada anclaje con la correspondiente del balancín.

- Al introducir todas estas restricciones las piezas quedarán completamente definidas y el conjunto se dará por bueno.



Después de todos estos pasos podemos dar por finalizada la fase de diseño, aunque después de las simulaciones que se realizarán con software informático y en base a sus resultados las piezas diseñadas podrán ser modificadas, o también debido a aspectos estéticos de las mismas piezas o funcionales o problemas surgidos a la hora de realizar los moldes para hacer el prototipo.

10. Simulaciones de carga y fatiga del cuadro diseñado mediante software informático

En esta fase lo que se va a hacer va a ser simular mediante software informático el cuadro de la bicicleta de montaña, aplicándole las diferentes cargas a las que está sometido, además de un ensayo a fatiga para corroborar que el último diseño sea correcto y aguante a fatiga un determinado número de usos. Aunque este apartado se explicará de manera más detallada en la parte relacionada con cálculos, aquí haremos una pequeña reseña ya que esta estrechamente relacionada con la parte de diseño de este producto.

Para llegar a este punto se ha tenido que diseñar el primer modelo de cuadro, que será sometido a un continuo proceso de rediseño debido a los resultados que nos proporcione el programa. Para hacer las simulaciones se ha utilizado el programa de elementos finitos Ansys, en su versión 10. Los materiales elegidos ya los hemos nombrado anteriormente, pero para recordarlos son los siguientes: fibra de carbono, aluminio 6061 T-6 y aluminio 7005 T-6. A continuación se muestran los datos que se han introducido en Ansys a la hora de crear dichos materiales para indicarle al programa sus características y que los pueda utilizar a la hora de hacer las simulaciones correspondientes.

- Aluminio 7005 T-6:

Modulo de Young: 72 GPa.
Coeficiente de Poisson: 0,33
Densidad: 2800 kg/m³
Coeficiente dilatación térmica: $2,3 \cdot 10^{-5}$ 1/°C
Tensión de fluencia a tracción (σ_y): 480 MPa
Tensión última (σ_u): 550 MPa

- Aluminio 6061 T-6:

Modulo de Young: 70 GPa.
Coeficiente de Poisson: 0,33
Densidad: 2700 kg/m³
Coeficiente dilatación térmica: $2,3 \cdot 10^{-5}$ 1/°C
Tensión de fluencia a tracción (σ_y): 270 MPa
Tensión última (σ_u): 310 MPa

- Fibra de carbono:

Modulo de Young: 200 GPa.
Coeficiente de Poisson: 0,33
Densidad: 1600 kg/m³
Coeficiente dilatación térmica: $2,3 \cdot 10^{-5}$ 1/°C
Tensión de fluencia a tracción (σ_y): 2,83 GPa
Tensión última (σ_u): 2,83 GPa

En base a estos datos el programa realizará las simulaciones y gracias a los mismos podremos ver si el modelo introducido en la simulación es apto o no, y podremos modificarlo bien cambiando la geometría del tubo o el espesor de los tubos. Después de estos análisis y hasta que se este seguro de que el modelo diseñado aguanta, se rediseñará y se volverá a ensayar.

11. Realización del prototipo

Después de las fases anteriores llega la parte más visible de todo el proyecto, la realización de un prototipo a escala real. Este proceso comienza donde acaba el punto anterior, después de tener diseñado el cuadro y todas las piezas que lo componen, además de las diferentes simulaciones.

11.1 Prototipado rápido de los moldes y piezas

Durante la primera parte de este proceso se fabricarán los moldes o preformas que se utilizarán para dar forma al producto final con el objeto de tener una imagen real de lo diseñado en el ordenador.

Antes de comenzar con la realización de los moldes, primero debemos separar los tubos que conforman la bicicleta, uno a uno, es decir, crear unos archivos en base al cuadro diseñado, que en cada uno este contenido uno de los tubos o piezas que componen el cuadro. Lo segundo es comprobar que estos tubos o piezas se pueden realizar enteros en la máquina de prototipado, es decir, comprobar las medidas interiores de la cubeta. Al hacer esta comprobación vemos que el tamaño interior de la cubeta es de 20x25x33 cm, por lo que algunos tubos al superar alguna de esas medidas, debido a que se deben colocar en posición vertical, ya que la máquina trabaja mejor. Por ello los tubos tienen que ser divididos en varios trozos, al dividir los tubos hay que tener en cuenta la manera de que cada uno encaje con el siguiente, en un caso se ha optado por hacer una embocadura en los tubos para asegurar su unión.

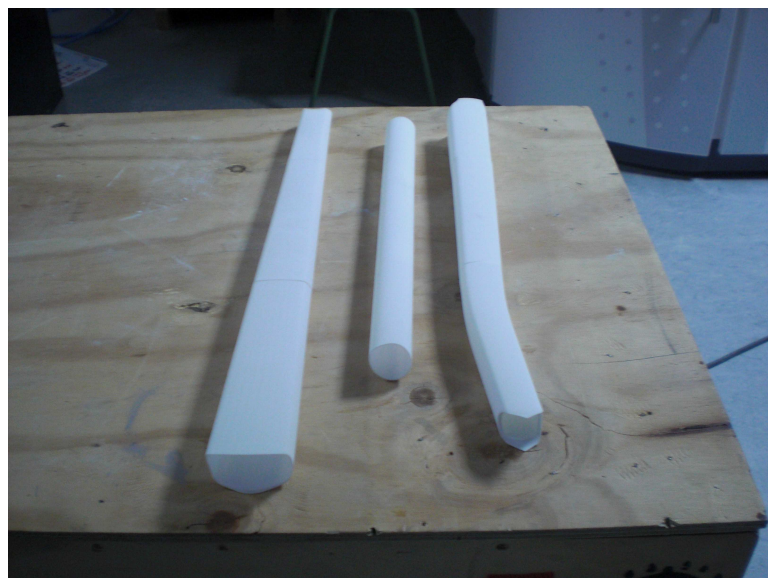
Llegados a este punto, teniendo las medidas interiores de la cubeta de la prototipadora, las tubos divididos en trozos y las demás piezas que componen el cuadro diseñadas, llega el momento de guardar los archivos generados por el programa de diseño 3D (extensión .par) en formato .stl, ya que es el formato con el que el software de la máquina trabaja. Para hacer esto no tenemos más que abrir cada archivo con el programa de dibujo 3D utilizado, en este caso Solid Edge, e ir al menú guardar como y elegir el formato .stl. Para más facilidad a la hora de encontrar estos archivos se creará una carpeta para guardar este tipo de archivos.

Una vez hecho lo explicado anterior se procede a introducir las piezas en la máquina a través de un ordenador, conectado con la máquina, con el software informático que funciona la máquina, en este caso el programa es Magics. En este programa se introducen las piezas una a una, y se ordenan en la cubeta que nos sale en la pantalla, tanto superficialmente como en altura. Además es importante recalcar que las piezas a introducir deben de tener 0 errores ya que nos arriesgamos a que la prototipadora deje de trabajar cuando llegue al punto donde antes no ha avisado que hay un error. Para comprobar que una pieza no contiene errores, analizamos cada una de las piezas de la cubeta una a una, iniciamos el test que este programa contiene. Si la pieza es correcta no habrá problemas, pero con este test de diagnóstico nos puede decir que errores tiene la pieza, de que tipo (triangulación, superposición de superficies, superficies sueltas,..., etc) y el lugar, además se puede dar el caso de que este subprograma solucione los errores, los corrija o disminuya el número de ellos. Si se da el caso en el que el programa corrige los errores, los deja en cero, podemos mandar construir esa pieza, pero si los errores no disminuyen o se corrigen se deberá volver a revisar el proceso de diseño 3D de esa pieza, para más tarde cuando consigamos que los errores sean cero poder mandarla construir a la prototipadora.

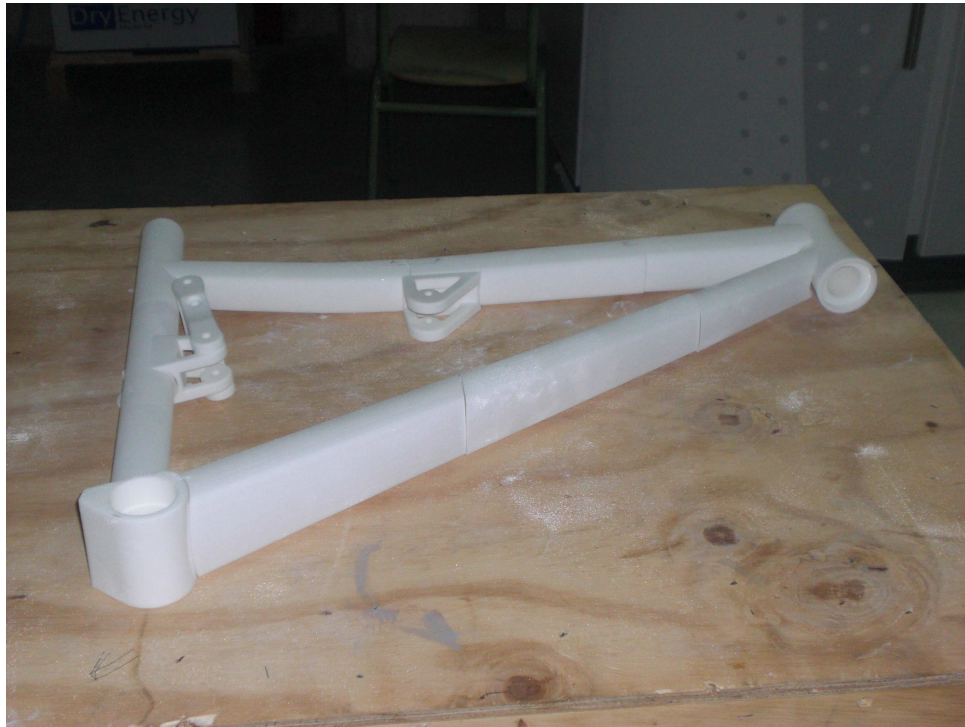
Cuando ya tengamos todas las piezas comprobadas y ordenadas en la cubeta, se guarda lo hecho, se pasa al programa que exporta el archivo generado en Magics a la prototipadora. Una vez enviado a la máquina solo tenemos que ponerla en marcha, previamente se habrá limpiado para eliminar la suciedad que pueda haber en la lente y eliminar material utilizado en la vez anterior que la máquina funcionó. Después instalamos y conectamos las resistencias que calientan el material, en este caso poliamida en polvo, hasta casi los 200° C y cuando la máquina detecte que esta preparada, que tiene la temperatura adecuada comenzará a construir lo que le hayamos enviado y seleccionado en el display de la misma. En este momento solo hay que esperar el tiempo que la máquina este trabajando, que depende de la altura de lo que vayamos a construir (a mayor altura mayor tiempo de trabajo), y el tiempo de enfriamiento apropiado para dejar que el polvo que extraigamos de la cubeta este a temperatura ambiente para evitar deformaciones o dilataciones debido al cambio brusco de temperatura. A continuación se muestran tres imágenes de varias piezas que forman la bici, de los tres moldes de los tubos, y una de cómo podría quedar el triángulo delantero de la bici.



Moldes y piezas realizados en la prototipadora



Moldes tubos



Cuadro formado por los moldes

Llegados a este punto, con todas las piezas y moldes necesarios para la construcción del prototipo llega la hora de comprobar que todas las piezas son correctas, es decir que los moldes de los tubos encajan perfectamente entre ellos y que las demás piezas no tienen ningún fallo.

11.2 Pegado de moldes y recubrimiento con fibra de carbono

Ahora los moldes de los tubos se unirán mediante uniones con embocaduras y se procede a pegarlos para poder proceder al proceso de recubrimiento de los mismos con fibra de carbono. Aunque antes se repasa que las uniones son buenas, no debe haber desajuste y si los hay se reparan con masilla para que esas deformaciones no se marquen al recubrir con fibra de carbono.

A la hora de recubrir los tubos con fibra de carbono se hará con dos tipos de tejidos, con calcetín de fibra de carbono de 30 mm de ancho y con tela de fibra de carbono. La tela de fibra de carbono utilizada será un tejido de carbono Sarga 2x2 3K de 200 gr/m² y con direcciones de las fibras en 0° y 90°, en el caso del calcetín será un malla de carbono tubular de 45 gr/m lineal de 30 mm de diámetro y un tipo de entramado sarga 2x2. En el caso que no se pueda utilizar el calcetín como de los tubos inferior y superior, por ser más anchos, se utilizará tela, además de en el caso del pedalier y la pipa de la dirección, ya que por geometrías el calcetín es muy difícil ajustarlo de una manera correcta o es imposible. Los tubos en los que se ha utilizado el calcetín de fibra de carbono son: tirantes del basculante trasero, basculante y el tubo vertical. En el caso de los tubos recubiertos con tela será necesario hacer una costura a modo de unión, el material de unión será pegamento Loctite rápido más un activador de la misma que hace que la reacción sea más rápida.

Una vez recubiertos los tubos con fibra, se procederá a impregnarlos con resina epoxi, en este caso la resina utilizada será la Resoltech 1050 con un endurecedor Resoltech 1058, la relación de la mezcla será por cada 14 ml del primer producto habrá que añadirle 6 ml del segundo producto, se incluirá más información de esta resina en los anexos del proyecto. Para impregnar la resina se utilizará una broca y después de

haberla dado se procederá a escurrir la sobrante, peinar la fibra de carbono para no dejar imperfecciones y se dejarán secar las piezas, bien al aire libre (dentro de un taller) o en un horno especial que acelera el proceso de secado. A continuación se muestran varias imágenes relacionadas con este proceso, desde las piezas solo recubiertas con fibra hasta después de haber impregnado la resina en ellas.



Moldes recubiertos con fibra



Tubos recubiertos y impregnados con epoxi



Tubos, basculante y pedalier impregnados en resina epoxi

11.3 Repaso de moldes y piezas recubiertas en fibra

Después del proceso de secado se procederá a repasar las piezas para eliminar el material sobrante y dejar las piezas con el aspecto que podemos ver en la imagen siguiente antes de proceder a la unión de las mismas para ir dando la forma definitiva al prototipo



Tubos y piezas repasadas después del proceso de secado o curado

11.4 Montaje del cuadro

Llegados a este punto comenzamos a unir las piezas para darle forma al prototipo, alguna de las piezas será necesario repasarlas para que la unión sea la correcta. Antes de unir las será necesario lijar todas las piezas para dejar la superficie más limpia de errores, para posteriormente unidas entre sí darles resina epoxi otra vez para mejorar la unión de los tubos y comenzar a la vez el proceso de acabado. Al igual que en procesos anteriores, el producto utilizado para unir las piezas será pegamento Loctite más un activador de la misma casa en forma de spray. Empezamos a montar las piezas montando el basculante junto con la pieza del pedalier, para su ajuste ha sido necesario repasar el punto de unión del basculante, una vez unidas estas dos piezas comenzaremos a unir los tubos uno a uno entre sí. Comenzaremos por el tubo vertical (tubo del sillín) y el tubo superior, una vez unidos estos dos y colocando a partir de ellos la pipa de dirección, el tubo inferior y el basculante junto con el pedalier, ayudándonos de unos aprietos para llevar a los tubos su sitio y asegurarnos que al pegar los tubos entre sí no se van a mover. A continuación se muestran tres imágenes, la primera se corresponde al basculante junto con el pedalier, la segunda al montaje del cuadro utilizando aprietos y

la tercera el aspecto de las piezas pegadas entre sí, donde ya podemos tener una idea de cómo será el prototipo final.



Basculante trasero



Pegado de tubos y montaje del cuadro



Cuadro pegado completamente

11.5 Acabado final del cuadro

Una vez hecho lo explicado y mostrado anteriormente se procede impregnar las piezas otra vez con resina epoxi para comenzar el proceso de acabado, además de tapar los poros que haya en la superficie e igualarla para dejarla lisa y libre de imperfecciones. A las piezas se les aplica una resina epoxi que hace resaltar la geometría de la fibra de carbono, es decir, conseguir el acabado brillante y pulido que podemos observar en determinados productos realizados en fibra de carbono. Una vez impregnadas las piezas con la resina, usando una brocha para repartirla por toda la superficie de las piezas, se introducirán en el horno para proceder a su curado y al día siguiente poder lijar otra vez las piezas e impregnarlas con resina epoxi. Este proceso se repetirá las veces que sea necesario hasta obtener un acabado que resalte la fibra de carbono y se consiga una superficie lisa, en nuestro caso ha sido necesario repetir el proceso 5 veces para tener el acabado deseado.

Las demás piezas que no son recubiertas con fibra de carbono, que más tarde hay que unir al cuadro para obtener el prototipo final, se pintarán en color negro las que se unen al cuadro, simulando que también son de fibra de carbono, y las piezas que son metálicas como los anclajes, el balancín y los tornillos se pintarán de un tono grisáceo metálico, que simula al ser aplicada que la pieza es de aluminio. A continuación se muestra una imagen de varias piezas pintadas



Varias de las piezas pintadas que componen la bicicleta

Se vuelve a lijar el cuadro antes de comenzar a pegar las diferentes piezas que nos faltan para después darle otra capa de resina epoxi.

Después de este proceso se procederá a pegar las guías de los diferentes cables que recorren la superficie de la bicicleta y los anclajes del amortiguador trasero, que previamente se han pintado en negro. Después de ello se montarán los anclajes, tanto en el cuadro como en los tirantes, para proceder a colocarlos en su lugar y que la unión sea buena. Más tarde colocaremos los correspondientes tornillos en los anclajes y procederemos a darle dos manos de resina epoxi, para asegurar que las piezas han pegado bien. Cabe resaltar que entre una mano y otra de epoxi es necesario lijar para que la siguiente capa pueda agarrar. A continuación se muestran varias imágenes del proceso explicado.



Cuadro con todas las piezas montadas antes de darle la 1ª mano de resina epoxi para acabado



Cuadro después de la 1ª mano y lijado para la 2ª mano de resina epoxi de acabado cosmético

Ahora llega el momento de preparar el prototipo para la aplicación de una capa de una resina epoxi mediante pistola para darle un acabado cosmético, la **Resoltech 1070** con el catalizador **Resoltech 1075S**. Este proceso se repite tres veces por diversos problemas al aplicar la 1ª y 2ª capa, la aparición de cráteres en los que el material no queda depositado. A continuación se muestra una imagen del cuadro después de aplicarle una capa de barniz para acabado cosmético y otra después de lijar la primera capa de acabado.



Cuadro con la 1ª capa de acabado aplicada



Cuadro después de lijar la 1ª capa de acabado y listo para aplicar la 2ª mano

Una vez realizado este proceso se terminará el prototipo decorándolo con unas pegatinas de vinilo. Cabe resaltar que en el tubo inferior siempre se coloca el nombre de la marca y en el tubo superior el nombre del modelo, en mi caso he elegido el nombre Tonda como nombre de marca, nombre que viene de una zona del Parque Natural del Moncayo situada en la Comunidad de Aragón. En el tubo superior siempre se coloca una pegatina que representa el nombre del modelo de bicicleta. Como nombre o designación de modelo he elegido Ham´a´cuckoo, una palabra que suena igual que jamacuco, que tiene como significado una indisposición pasajera, ya que algunas veces en el mundo de la bici se utiliza esta palabra para designar que una persona ha hecho un esfuerzo superior al que esta preparado y se encuentra mal después de dicho esfuerzo. Los

colores elegidos para las pegatinas son el blanco, para la marca, y el naranja, para el modelo. Se ha elegido una tipografía que también le diera un toque de distinción al producto final, para darle personalidad y que sea fácilmente diferenciable de los demás. A continuación mostramos una imagen con el tipo de fuente utilizada a la hora de realizarlas.

LOONDA

HAM'A' CUCKOO

Una vez terminadas de aplicar las capas de acabado cosmético aplicadas al cuadro se procede a montar el amortiguador trasero, en este caso es una maqueta, para hacer que el prototipo tenga un aspecto más real. Después colocamos las pegatinas en el lugar que hemos determinado anteriormente y el resultado final del prototipo es el que podemos apreciar en la siguiente foto.



Aspecto final del prototipo

Hay que destacar que el tiempo empleado para la realización del prototipo ha sido superior 5 semanas, trabajando de media unas 4 horas cada día para llegar a obtener el prototipo final del cuadro, siendo dos personas las que hemos trabajado en la realización del mismo, la persona encargada del taller de la Upna en Tudela, Ángel Esteban Jaraba, y yo. En total han sido más de 120 horas para hacer un prototipo que nos haga más fácil entender que forma, que volumen y que peso tendría el producto final si se llegará a producir.

También hay que destacar que el peso de prototipo final es de 1470 gramos, siendo un peso bastante bajo para ser el primer prototipo realizado de un producto. Su peso es similar al de otros cuadros del mismo estilo que podemos encontrar en el mercado.

12. Etapas y plazos de ejecución

La realización del este proyecto a comprendido en total para su realización un espacio en el tiempo de 8 meses. Las etapas que se han seguido son las siguientes:

1ª Búsqueda de documentación sobre bicicletas de montaña, materiales utilizados, experiencia de los usuarios, datos de la población en España y un estudio del mercado.

2ª Elección del tipo de bicicleta que vamos a diseñar y los materiales empleados para realizar el modelo en el ordenador.

3ª Fase de diseño del cuadro mediante software 3D.

4ª Simulación y rediseño del modelo diseñado en el punto anterior.

5ª Realización del prototipo a escala.

6ª Redacción de la memoria, cálculos (resultado de las simulaciones), planos y presupuesto del proyecto.

13. Resumen del presupuesto

En este apartado se incluye un pequeño resumen del coste total de la realización de este proyecto final de carrera, contando desde las horas empleadas en la búsqueda de documentación, el diseño del cuadro y la realización del prototipo. A continuación se muestra una tabla con el coste de cada proceso sin desglosar, más adelante en el documento del presupuesto final se desglosará todo el presupuesto punto por punto.

- Materiales	309,75 €
- Prototipado rápido	3842,0102 €
- Montaje prototipo	<u>6372 €</u>
TOTAL	10523,7602 €

Por lo tanto el coste final de la fabricación del prototipo del cuadro de bicicleta de montaña diseñado asciende a **10523,7602 €**

14. Conclusiones

En este apartado voy a presentar varias de las conclusiones a las que he llegado después de la realización del proyecto.

- La primera de ellas es que muchas veces no nos podemos imaginar el proceso de diseño que hay detrás de un producto, por simple que nos parezca, ya que además de diseñar un producto se hacen simulaciones, pruebas, ...etc.

- La segunda es que la fase de búsqueda de documentación sobre un clase de producto es más importante de lo que parece, ya que contra más información seamos capaces de revisar y asimilar podremos acercarnos mejor a las necesidades de un determinado sector de la población para con un producto. En mi caso debido al estudio de dicha documentación y el mercado he reconocido la modalidad de bicicleta de montaña más práctica y que el público mayoritario de este deporte son hombres de mediana edad.

- La tercera, la realización de varios pequeños modelos a escala ayuda a la hora de buscar defectos o mejorar nuestro diseño.

- Y cuarto, que hacer un prototipo después de haber diseñado un producto, para poder hacer pruebas con él, enseñarlo a clientes o consumidores potenciales de dicho producto y que te den la opinión es muy importante. Además que tener el prototipo a escala nos ayuda a hacernos una idea de cómo sería el producto a tamaño real, que volúmenes y que acabado tendría o podríamos aplicarle.

15. Bibliografía

En este apartado se nombrarán las fuentes, libros, revistas y páginas Web que se han utilizado a lo largo de todo el proceso de diseño. A continuación desglosó la bibliografía en 3 grandes grupos: libros, revistas y otras publicaciones y páginas Web.

15.1 Libros

MATERIALES COMPUESTOS I. Antonio Miravete. Ed Reverté, S.A. 2007

FIBRAS DE CARBONO: PREPARACIÓN Y APLICACIONES. Juan Alcañiz Monge y otros autores. Publicaciones de la Universidad de Alicante 1998.

MATERIALES PARA INGENIERÍA 1: INTRODUCCIÓN A LA MICROESTRUCTURA, EL PROCESAMIENTO Y EL DISEÑO. Michael F. Sabih y David R.H. Jones. Ed. Reverté, S.A. 2008

MATERIALS SELECTION IN MECHANICAL DESIGN. Michael F. Ashby. Ed. Butterworth-Heinemann 2007.

TIMOSHENKO. RESISTENCIA DE MATERIALES. James M. Gere. Editorial Paraninfo 2005.

DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA. Joseph E. Shigley. Ed. McGraw-Hill 2002.

TEORÍA DE MÁQUINAS Y MECANISMOS. Joseph E. Shigley. Ed. McGraw-Hill 1983.

INTRODUCCIÓN A LA CIENCIA E INGENIERIA DE LOS MATERIALES. William D. Callister. Ed. Reverté 1995

ASÍ SE HACE. TÉCNICAS DE FABRICACIÓN PARA DISEÑO DE PRODUCTO. Chris Lefteri. Ed. Blume 2008

15.2 Revistas y otras publicaciones

REVISTA BIKE A FONDO. Ed. Motorpress ibérica Edición 9 año 2009

REVISTA BIKE A FONDO. Ed. Motorpress ibérica Edición 10 año 2009

REVISTA BIKE A FONDO. Ed. Motorpress ibérica Edición 11 año 2009

REVISTA BIKE A FONDO. Ed. Motorpress ibérica Edición 12 año 2009

REVISTA BIKE A FONDO. Ed. Motorpress ibérica Edición 1 año 2010

REVISTA BIKE A FONDO. Ed. Motorpress ibérica Edición 2 año 2010

REVISTA BIKE A FONDO. Ed. Motorpress ibérica Edición 3 año 2010

REVISTA BIKE A FONDO. Ed. Motorpress ibérica Edición 4 año 2010

REVISTA BIKE A FONDO. Ed. Motorpress ibérica Edición 5 año 2010

CATALOGOS BICICLETAS ORBEA. Años 2009 y 2010

CATALOGOS BICICLETAS BH. Años 2009 y 2010

CATALOGOS BICICLETAS TREK. Años 2009 y 2010

CATALOGOS BICICLETAS LAPIERRE. Años 2009 y 2010

CATALOGOS BICICLETAS MERIDA. Años 2009 y 2010

15. 3 Páginas Web

BICICLETAS GIANT: <http://giant-bicycles.com/>

BICICLETAS ORBEA: www.orbea.com

BICICLETAS BH: www.bh-bikes.es

BICICLETAS SCOTT: www.scottusa.com

BICICLETAS CORRATEC: www.corrattec.de

BICICLETAS MERIDA: <http://www2.merida-bikes.com/>

BICICLETAS MONDRAKER: www.mondraker.com

BICICLETAS SPECIALIZED: www.specialized.com

BICICLETAS CANNONDALE: www.cannondale.com

BICICLETAS KONA: www.konaworld.com

BICICLETAS SANTACRUZ: www.santacruz bikes.com



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

DISEÑO DE UN CUADRO DE BICICLETA DE
MONTAÑA

CÁLCULOS

Javier Garcia Romeo

Ignacio Latorre Biel

Tudela, 15 Julio de 2010

CÁLCULOS

Diseño de un cuadro de bicicleta de montaña
Javier Garcia Romeo

Indice:

1. Introducción	3
2. Propiedades mecánicas de los materiales	4
3. Simulaciones	
3.1 Cargas	5
3.2 Soportes	5
3.3 Primer ensayo	5
3.4 Segundo ensayo	8
3.5 Tercer ensayo	11
3.6 Ensayo a fatiga	14
3.7 Ensayo del basculante trasero	15
3.8 Conclusiones	17
4. Resultados obtenido con Ansys	
4.1 Informe ensayo aluminio 7005 T-6	18
4.2 Informe ensayo aluminio 6061 T-6	42
4.3 Informe ensayo fibra de carbono	61
4.4 Informe ensayo vida a fatiga	85
4.5 Informe ensayo basculante trasero	102
5. Manual de manejo para simulación de carga en Ansys Workbench 10	112

1. Introducción

En este apartado se van a exponer los cálculos realizados para la comprobación que lo diseñado en el ordenador es correcto, y si no es así, rediseñar el producto donde de fallos y volver a simularlo. El programa utilizado para la realización de los cálculos, en mi caso las simulaciones, ha sido Ansys Workbench 10, un programa informático dedicado a la simulación de elementos finitos. Para comprobar que nuestro modelo es correcto se harán ensayos de carga y de fatiga, aunque estos segundos solo se harán cuando la simulación de carga sea superada.

Para las simulaciones se utilizarán varios materiales, que deberemos crear en el programa. Estos materiales serían con los que estaría hecho en realidad el producto final. Los materiales elegidos son el aluminio 6061 T-6, el aluminio 7005 T-6 y la fibra de carbono, siendo este último un material compuesto por las nombradas fibras y resina epoxi.

Los datos técnicos y las propiedades mecánicas de los aluminios se han sacado del libro Resistencia de Materiales, Timoshenko, de James M. Gere. Más concretamente del apéndice H que esta dedicado a las propiedades de los materiales. Los datos técnicos sobre la fibra de carbono han sido obtenidos del catálogo de un fabricante y distribuidor de fibra de carbono, estos datos ya tienen en cuenta la impregnación en resina epoxi de la fibra. En un anexo de este documento se añadirá la hoja de características técnicas del fabricante de fibra de carbono.

En este documento del proyecto también se incluirán los resultados que nos da el programa Ansys a modo de informe, ya que creo que pueden resultar útiles para la interpretación de los resultados.

Como anexo a esta parte se incluirá un manual de cómo realizar simulaciones de carga a un cuerpo o conjunto en Ansys Workbench 10, ya que me parece interesante porque no hay manuales para aprender a utilizar este programa.

2. Propiedades mecánicas de los materiales

Antes de comenzar con las simulaciones o cálculos de lo diseñado voy a incluir en este documento las propiedades mecánicas de los materiales utilizados en las simulaciones. Los materiales seleccionados son: el aluminio 6061 T-6, el aluminio 7005 T-6 y la fibra de carbono.

2.1 Aluminio 6061 T-6

Modulo de Young: 70 GPa.
Coeficiente de Poisson: 0,33
Densidad: 2700 kg/m³
Coeficiente dilatación térmica: $2,3 \cdot 10^{-5}$ 1/°C
Tensión de fluencia a tracción (σ_y): 270 MPa
Tensión última (σ_u): 310 MPa

2.2 Aluminio 7005 T-6

Modulo de Young: 72 GPa.
Coeficiente de Poisson: 0,33
Densidad: 2800 kg/m³
Coeficiente dilatación térmica: $2,3 \cdot 10^{-5}$ 1/°C
Tensión de fluencia a tracción (σ_y): 480 MPa
Tensión última (σ_u): 550 MPa

2.3 Fibra de carbono

Modulo de Young: 200 GPa.
Coeficiente de Poisson: 0,33
Densidad: 1600 kg/m³
Coeficiente dilatación térmica: $2,3 \cdot 10^{-5}$ 1/°C
Tensión de fluencia a tracción (σ_y): 2,83 GPa
Tensión última (σ_u): 2,83 GPa

De la observación de estos datos podemos sacar la conclusión de que la fibra de carbono es más resistente y más ligera que los dos aluminios seleccionados. También en contra de la fibra de carbono podemos decir que cuando alcanza la tensión máxima de fluencia a tracción se rompe directamente, no se dobla o se deforma como pasaría en el caso de los aluminios.

3. Simulaciones

En este apartado se va a proceder ha desarrollar los cálculos sobre lo diseñado, en base a los resultados obtenidos en Ansys, podremos decir si el modelo es válido en base a esos resultados y si no lo es rediseñar o reforzar el diseño donde sea defectuoso.

La explicación paso a paso de cómo hacer una simulación con Ansys se incluirá a modo de anexo en este documento, por lo que muchos pasos se obviarán y se irá solo a comentar los resultados obtenidos, decir si el modelo es válido comparando los resultados con datos técnicos.

3.1 Cargas

En todos los ensayos se van a aplicar las mismas cargas. En la estructura del cuadro actúan principalmente tres fuerzas: el peso de la persona, la fuerza que hace con cada una de las piernas al pedalear y el peso que se apoya en el manillar. Estas fuerzas se han mayorado, aunque alguna de ellas pueda parecer algo pequeña, pero no es un peso que dejamos caer, sino una fuerza que nosotros aplicamos en la bici. En el caso del peso de la persona se ha tenido en cuenta un cierto factor de seguridad, ya que la bici está diseñada para personas de 1,74 metros de estatura, el peso medio está en 75 Kg, en este caso hemos tomado 100 kg, para tener un margen de seguridad.

Las fuerzas que por lo tanto actúan sobre la bici son:

- peso corporal de una persona: 1000 N
- peso que se apoya sobre el manillar: 200 N
- fuerza aplicada en el pedal derecho: 200 N
- fuerza aplicada en el pedal izquierdo: 200 N

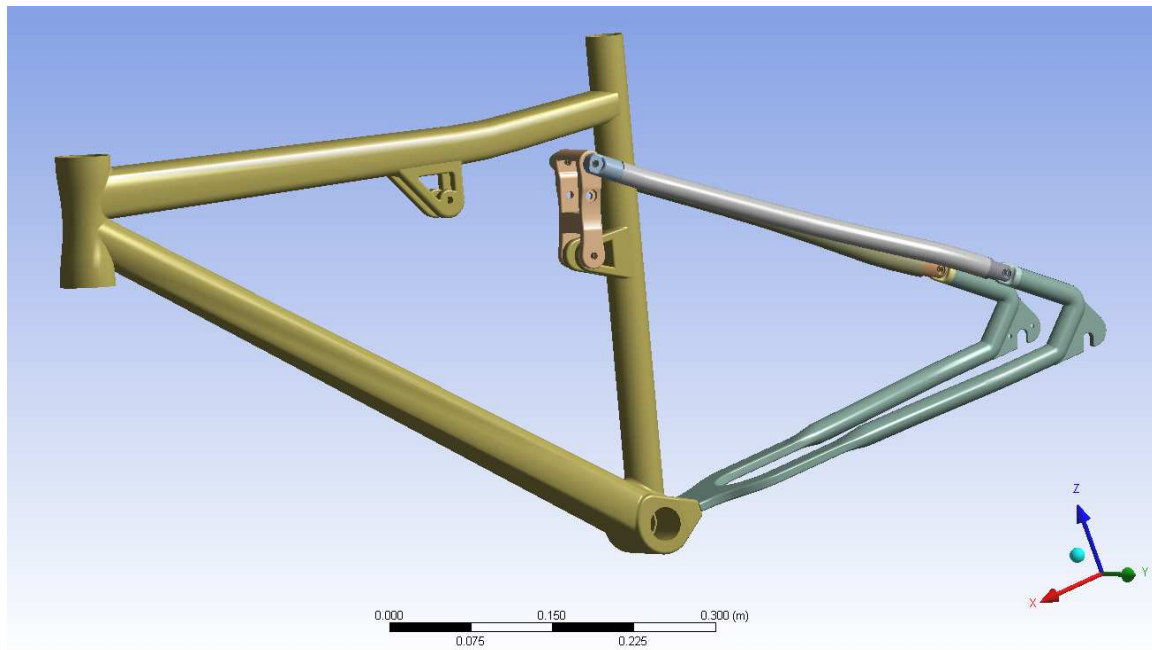
Hay que destacar que las fuerzas aplicadas sobre los pedales se aplican a una distancia determinada del eje de pedalier, la longitud de la biela, en nuestro caso la longitud de las bielas es 17 cm (eje x en Ansys) y de 8 cm en el eje y.

3.2 Soportes

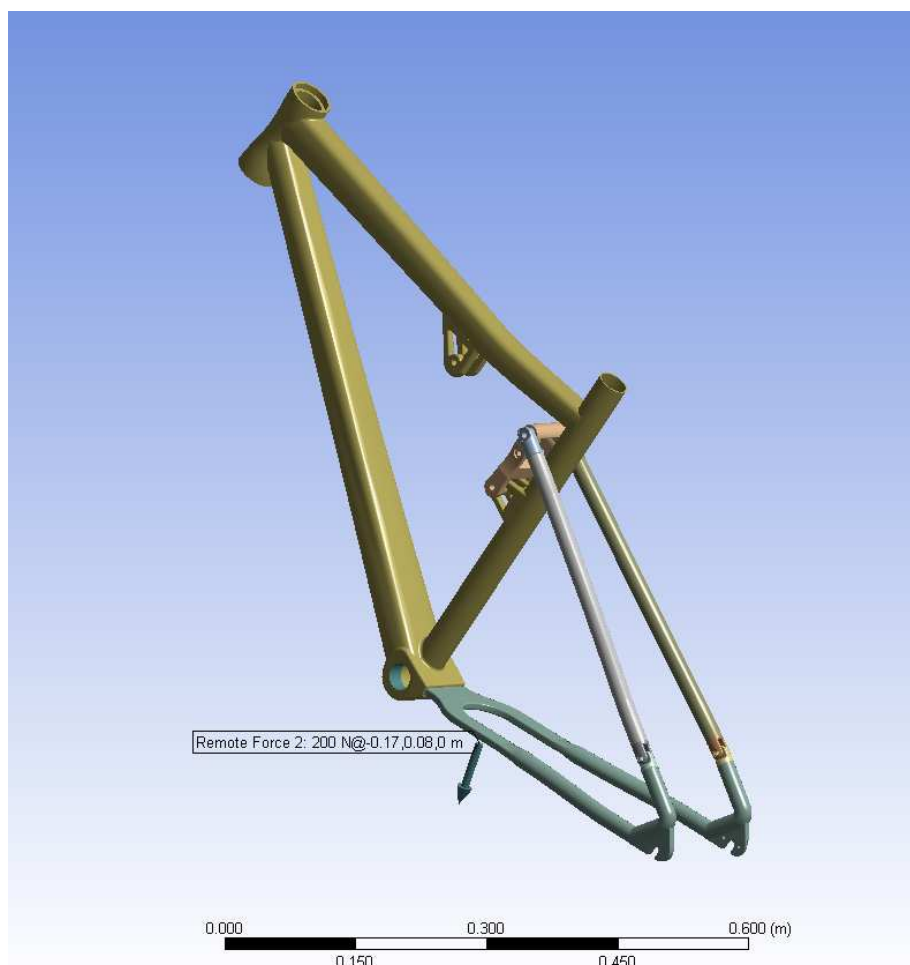
Para realizar los cálculos se han tenido que introducir unos soportes, en nuestro caso para todas las simulaciones de han utilizado 3: los dos primeros en cada uno de los anclajes de la rueda en el basculante trasero y el último en la superficie de la pipa de la dirección donde apoya la horquilla. Estos puntos serán nuestros apoyos para todas las simulaciones.

3.3 Primer ensayo

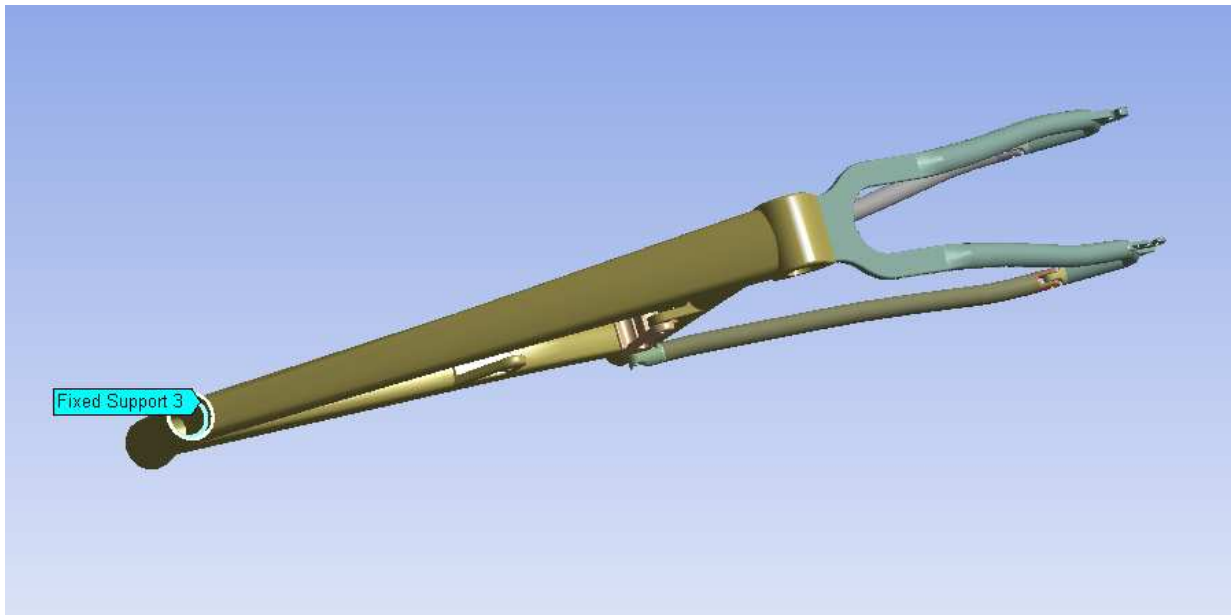
Para el primer ensayo que he realizado con Ansys Workbench 10 he elegido como material el aluminio 7005 T-6 para todas las piezas, a excepción del basculante trasero que será de fibra de carbono en todas las simulaciones independientemente. Una vez definidas las cargas y los soportes le decimos al programa que nos haga la simulación y el resultado obtenido es el que podemos ver en las siguientes imágenes:



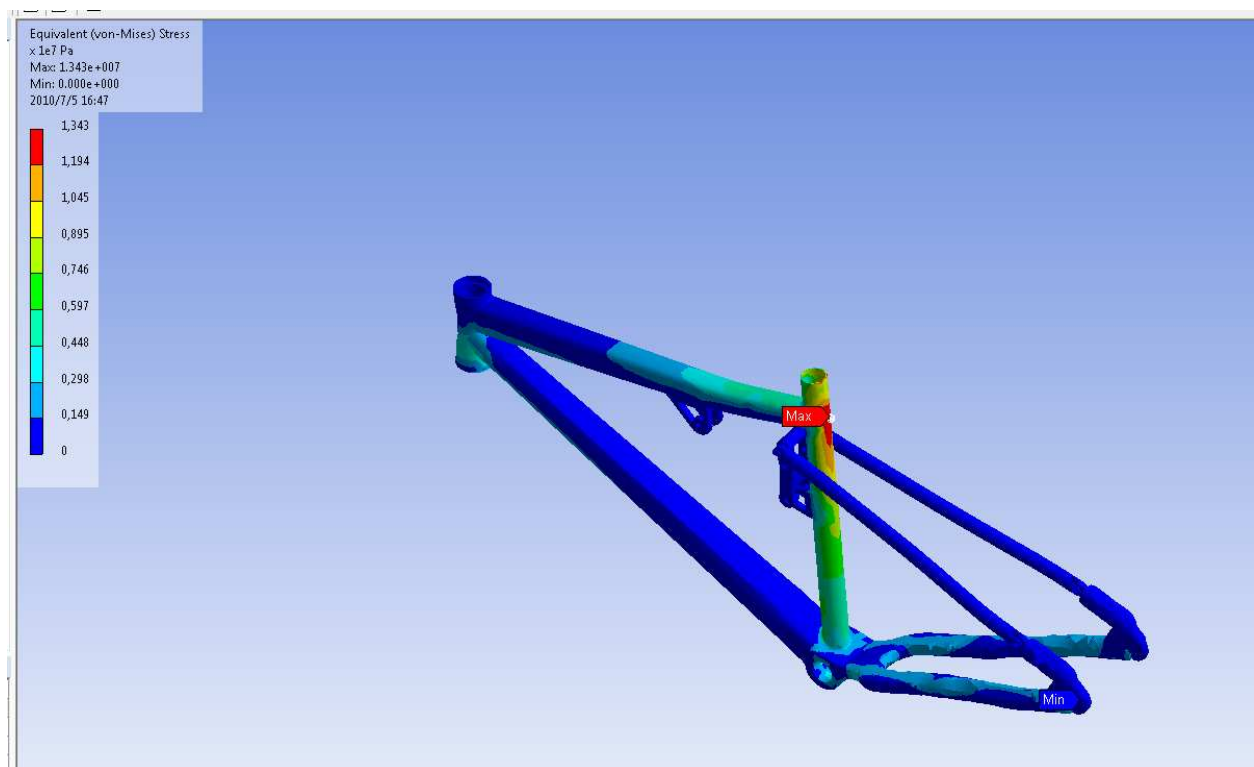
Geometría exportada para simular en Ansys



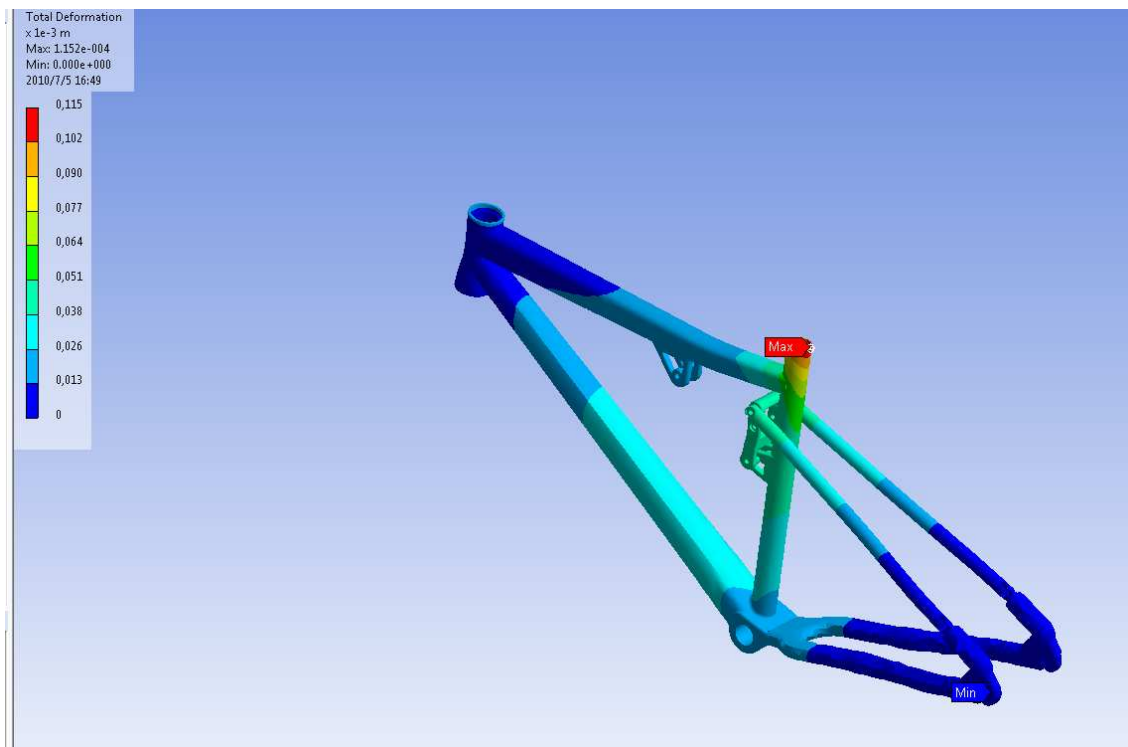
Fuerza ejercida sobre el pedal izquierdo



Soporte fijo donde apoya la horquilla



Resultado Tensión equivalente de Von Mises



Resultado máxima deformación

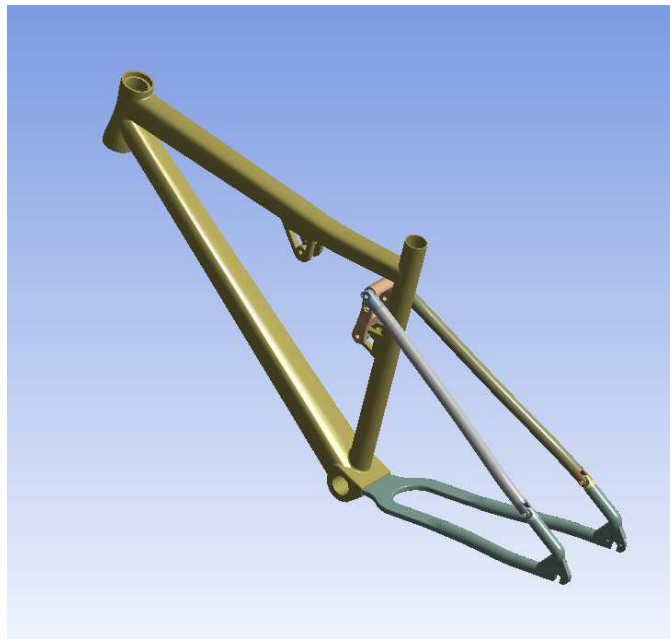
Después de realizar el ensayo se comprueba en la escala de valores que nos sale en Ansys el valor máximo de la tensión equivalente de Von Mises. Al ver los colores podemos llegar a engaño, ya que el color rojo no significa que la tensión supere la tensión máxima de fluencia a tracción, sino que es el lugar donde se alcanza el valor máximo. El valor máximo de la tensión nos lo da en la parte que hemos definido con aluminio.

El valor máximo obtenido para la equivalente de Von Mises es $1,343 \cdot 10^7$ Pa, es decir, 13,43 MPa. El valor de la tensión máxima de fluencia para el material que hemos elegido nosotros, el aluminio 7005 T-6, es 480 MPa, por lo que el cuadro diseñado es válido.

También podemos decir que la máxima deformación al sentarse una persona sobre un este cuadro montado con las demás piezas que conforman una bicicleta es de 0,115 mm, una medida menor que el milímetro.

3.4 Segundo ensayo

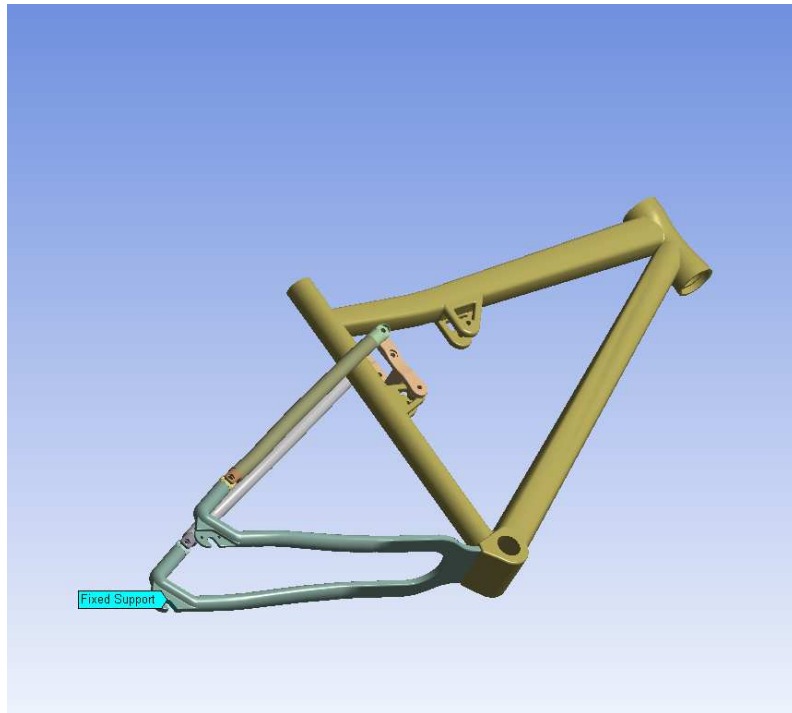
Para el segundo ensayo que he realizado con Ansys Workbench 10 he elegido como material el aluminio 6061 T-6 para todas las piezas, a excepción del basculante. Una vez definidas las cargas y los soportes le decimos al programa que nos haga la simulación y el resultado obtenido es el que podemos ver en las siguientes imágenes:



Geometría exportada a Ansys



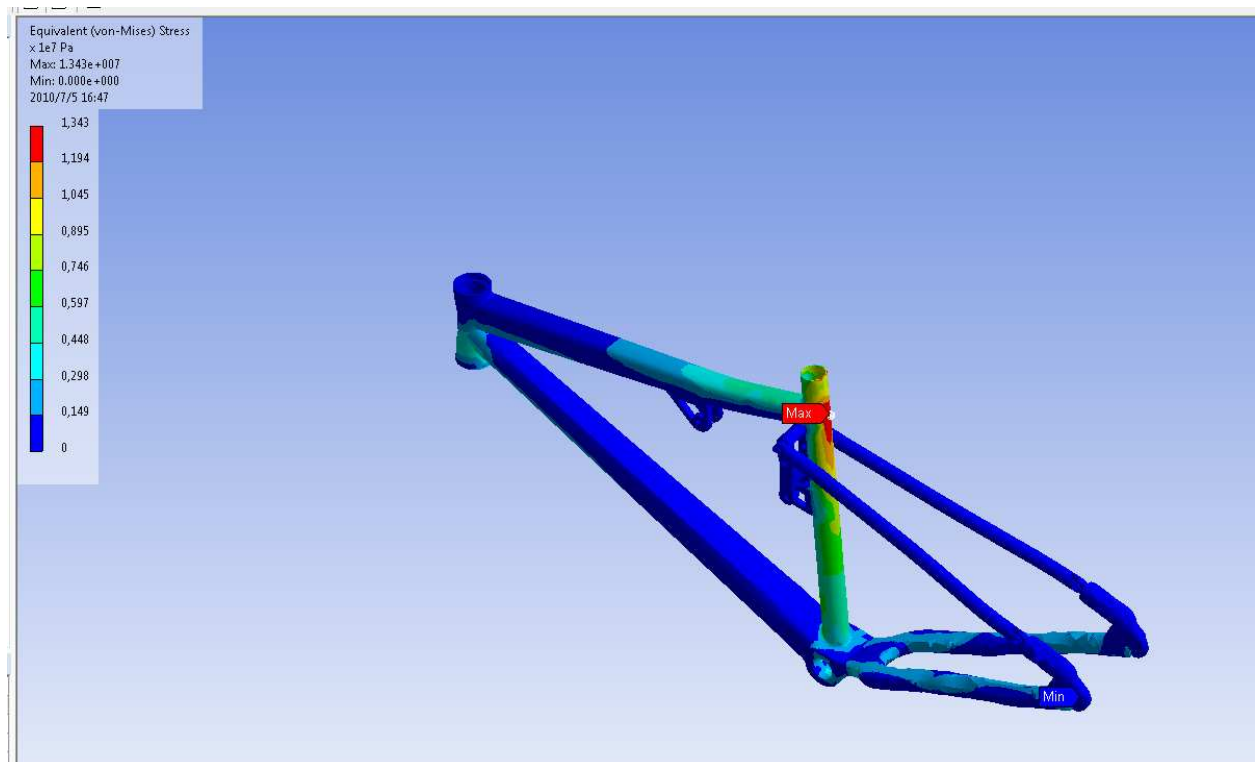
Fuerza ejercida sobre el pedal derecho



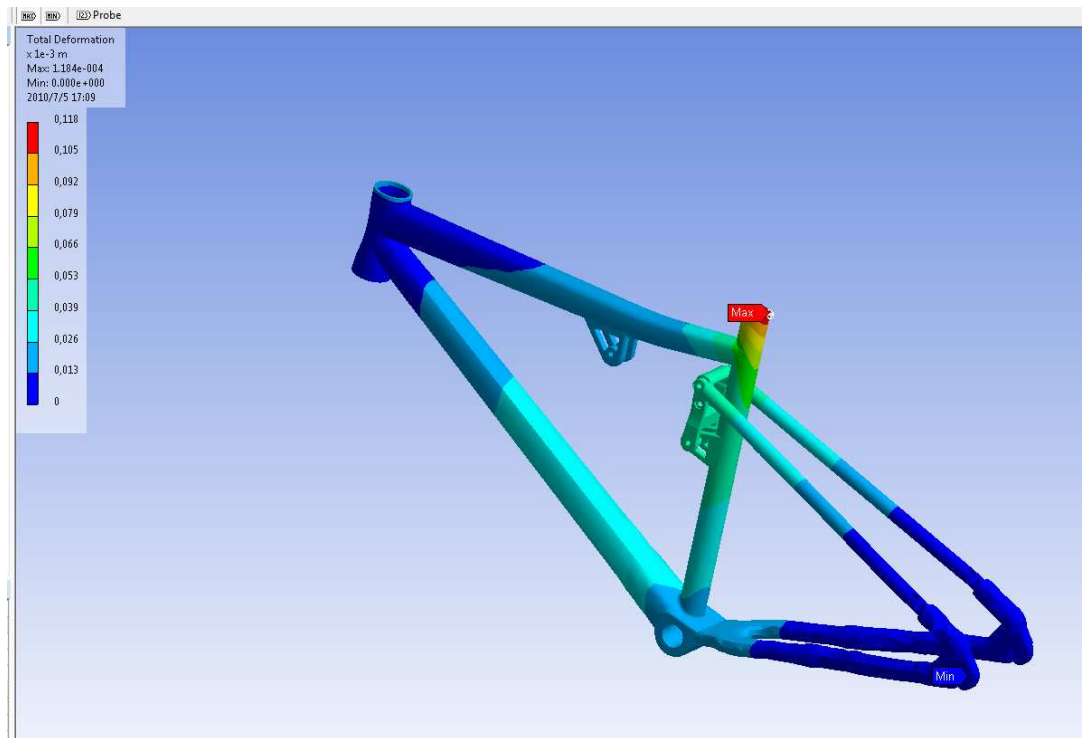
Soporte sobre

trasero

el basculante



Resultado Tensión equivalente de Von Mises



Máxima deformación

Después de realizar el ensayo se comprueba en la escala de valores que nos sale en Ansys el valor máximo de la tensión equivalente de Von Mises. El valor máximo de la tensión nos lo da en la parte que hemos definido con aluminio, al igual que en el caso anterior.

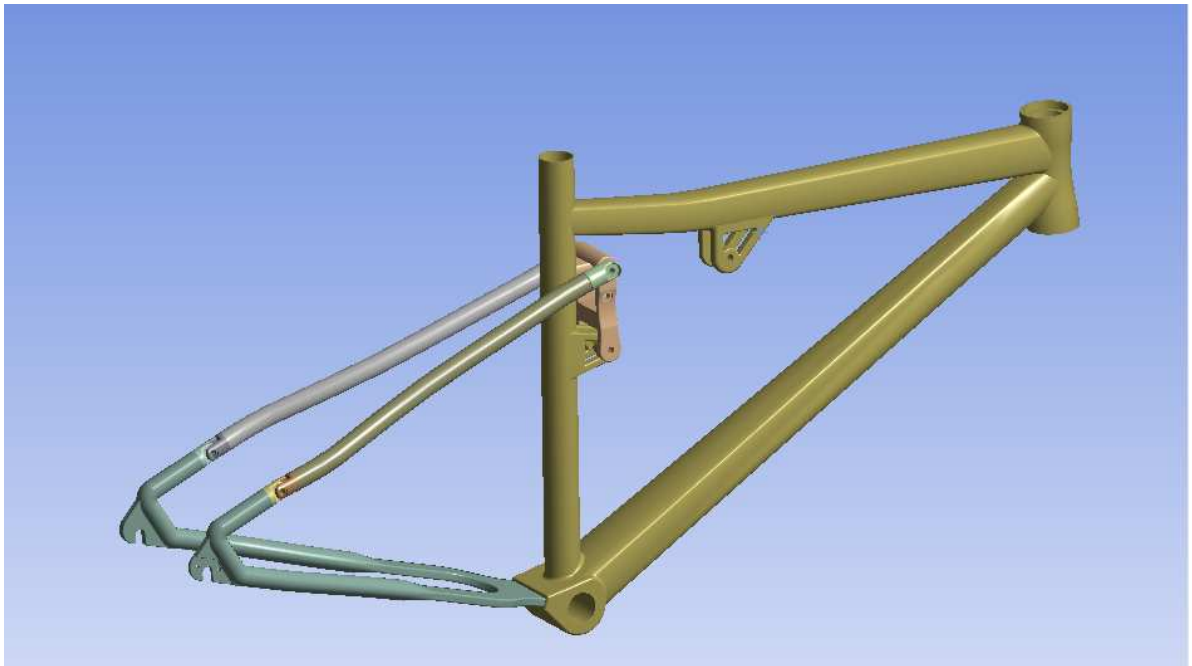
El valor máximo obtenido para la equivalente de Von Mises es $1,343 \cdot 10^7$ Pa, es decir, 13,43 MPa, la misma que en el caso anterior. El valor de la tensión máxima de fluencia para el material que hemos elegido nosotros, el aluminio 6061 T-6, es 270 MPa, por lo que el cuadro diseñado es válido.

También podemos decir que la máxima deformación al sentarse una persona sobre un este cuadro montado con las demás piezas que conforman una bicicleta es de 0,118 mm, una medida menor que el milímetro.

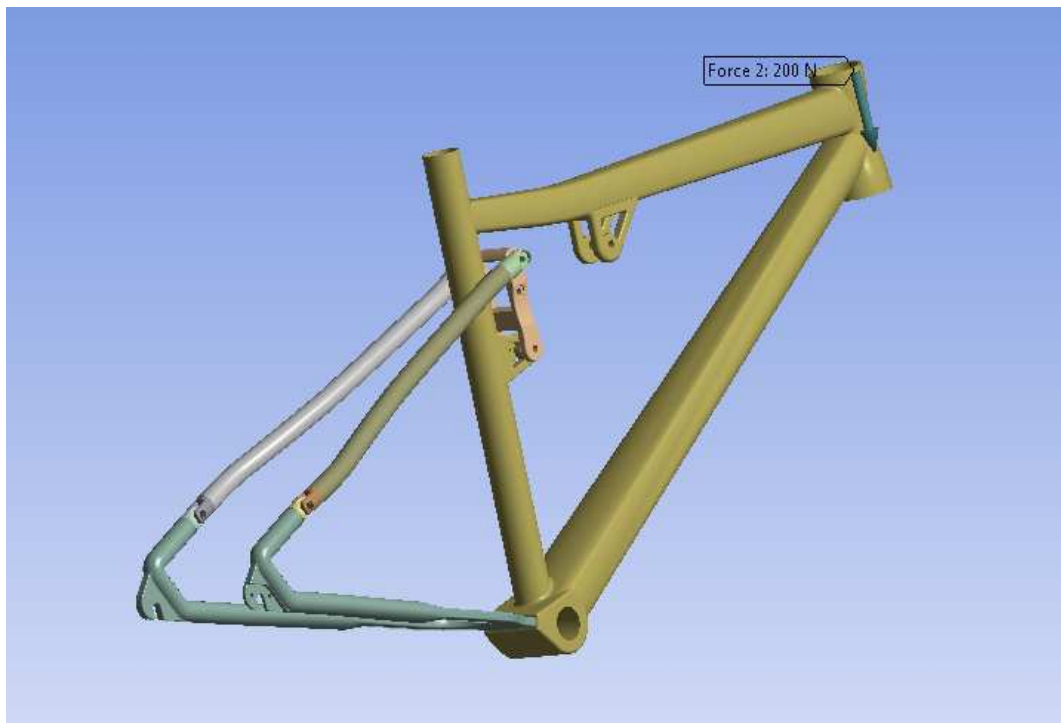
3.5 Tercer ensayo

Para el tercer ensayo que he realizado con Ansys Workbench 10 he elegido como material la fibra de carbono para todas las piezas, a excepción de los anclajes y el balancín que serán de aluminio 7005 T-6 en el caso de los anclajes y aluminio 6061 T-6 en el caso del balancín.

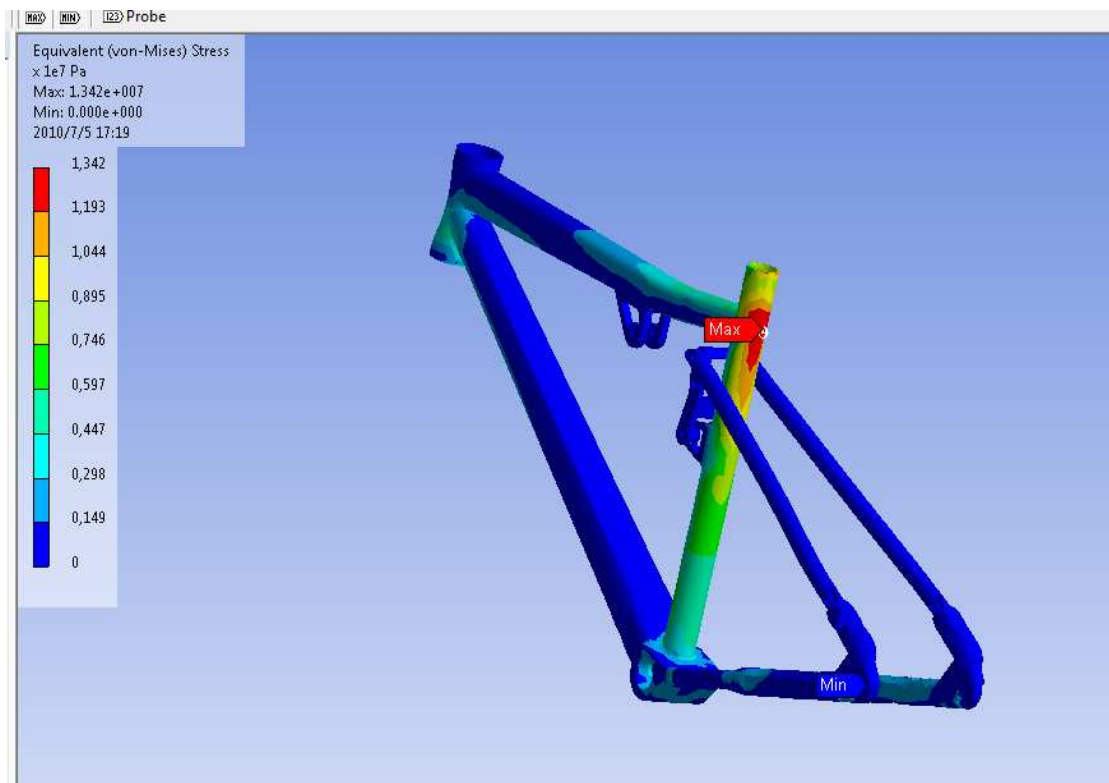
Una vez definidas las cargas y los soportes le decimos al programa que nos haga la simulación y el resultado obtenido es el que podemos ver en las siguientes imágenes:



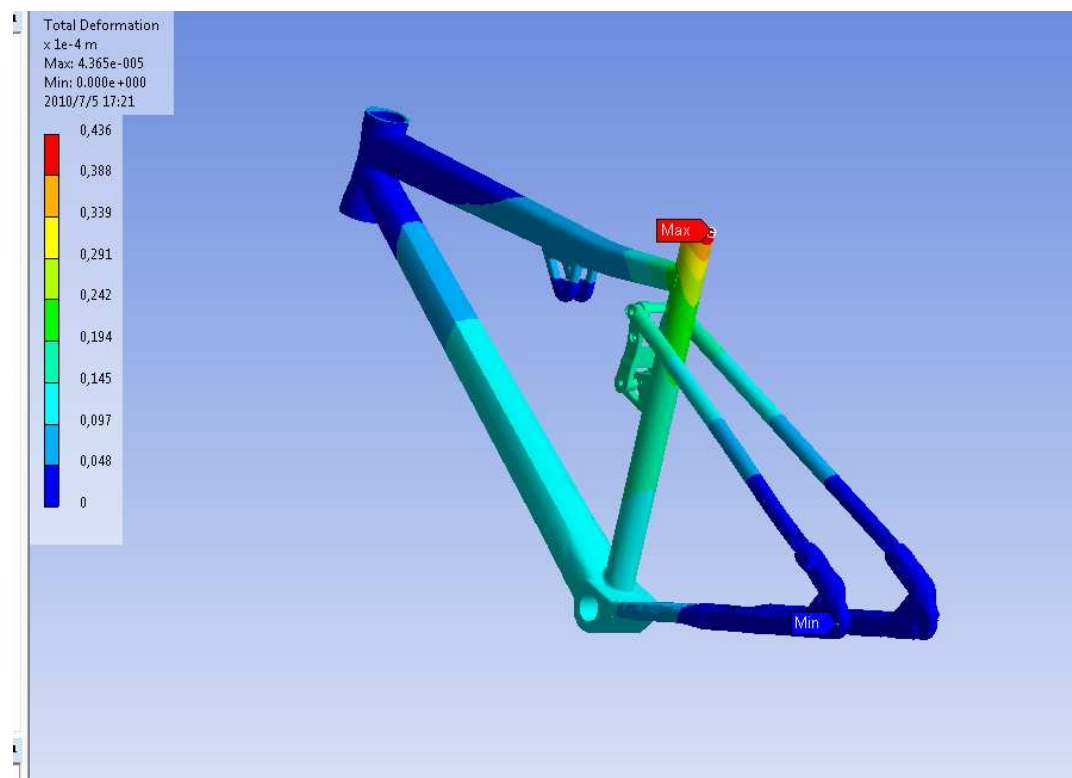
Geometría exportada



Fuerza que transmitiría el manillar al cuadro



Resultado simulación tensión equivalente de Von Mises



Resultado máxima deformación

Después de realizar el ensayo se comprueba en la escala de valores que nos sale en Ansys el valor máximo de la tensión equivalente de Von Mises. El valor máximo de la tensión nos lo da en la parte que hemos definido con fibra de carbono. El valor máximo obtenido para la equivalente de Von Mises es $1,342 \cdot 10^7$ Pa, es decir, 13,42 MPa, la misma que en el caso anterior. El valor de la tensión máxima de fluencia para el material que hemos elegido nosotros, fibra de carbono, es 2,83 GPa, por lo que el cuadro diseñado es válido.

También podemos decir que la máxima deformación al sentarse una persona sobre un este cuadro montado con las demás piezas que conforman una bicicleta es de 0,436 mm, una medida menor que el milímetro.

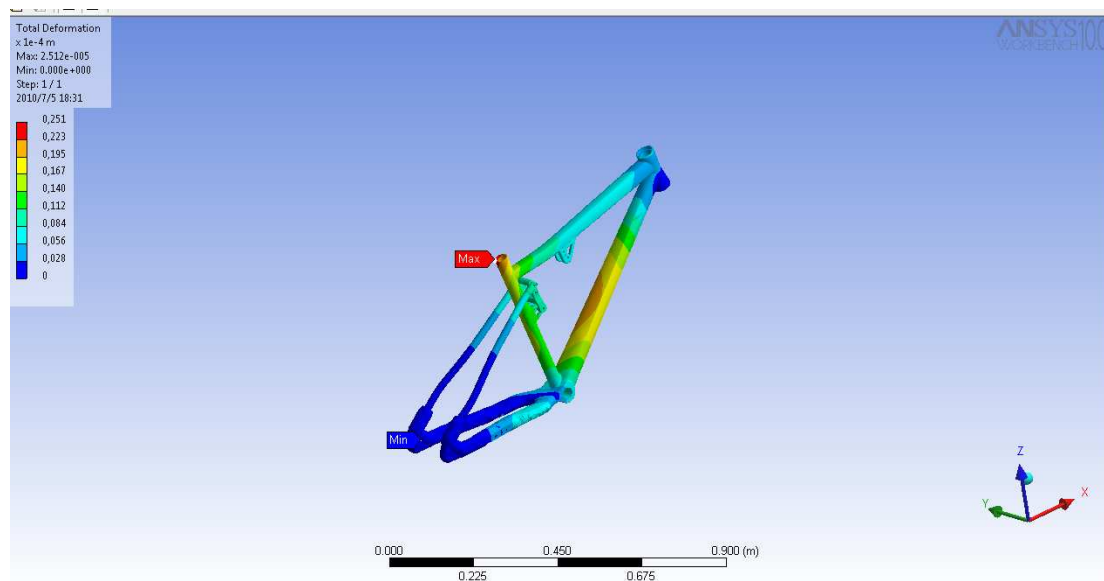
Como vemos los resultados obtenidos son buenos, el cuadro diseñado, soporta las cargas, con ello damos por bueno el diseño. Aunque si quisiéramos tendríamos para hacer otro proyecto optimizando el cuadro, es decir haciéndolo más ligero. Esto se haría modificando el espesor de las paredes de los tubos.

3.6 Ensayo de fatiga

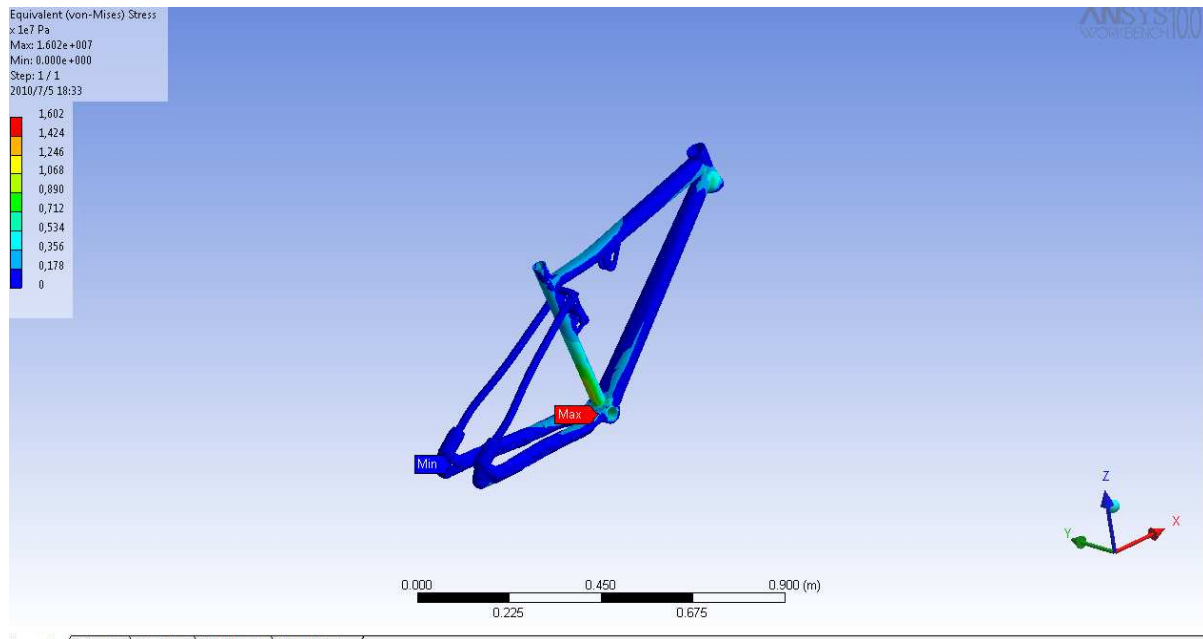
Al realizar el ensayo de fatiga introducimos las mismas cargas y soportes que en los casos anteriores, lo único que cambia es que la simulación es como las de carga pero con las cargas aplicadas un total de 80000 ciclos. Los resultados obtenidos son:

- La máxima tensión producida por la aplicación de las cargas es de 16,02 MPa, cuando la tensión máxima que soporta es de 2,83 GPa.
- La máxima deformación se da en el mismo punto que en las simulaciones de carga pero en este caso es de 0,251 mm.

A continuación mostramos dos imágenes con los resultados:



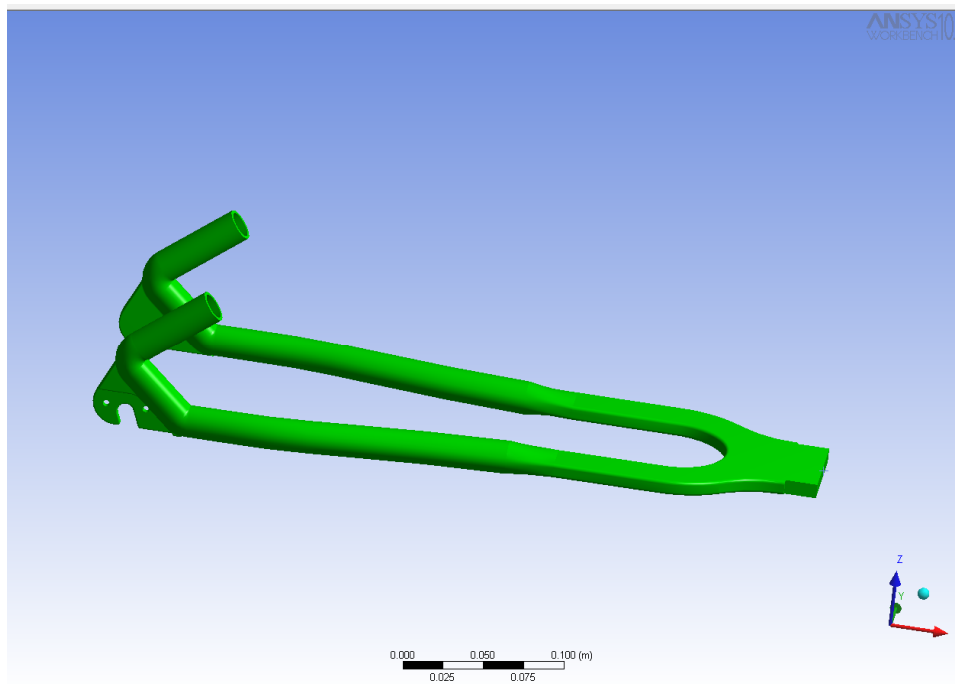
Máxima deformación en vida a fatiga



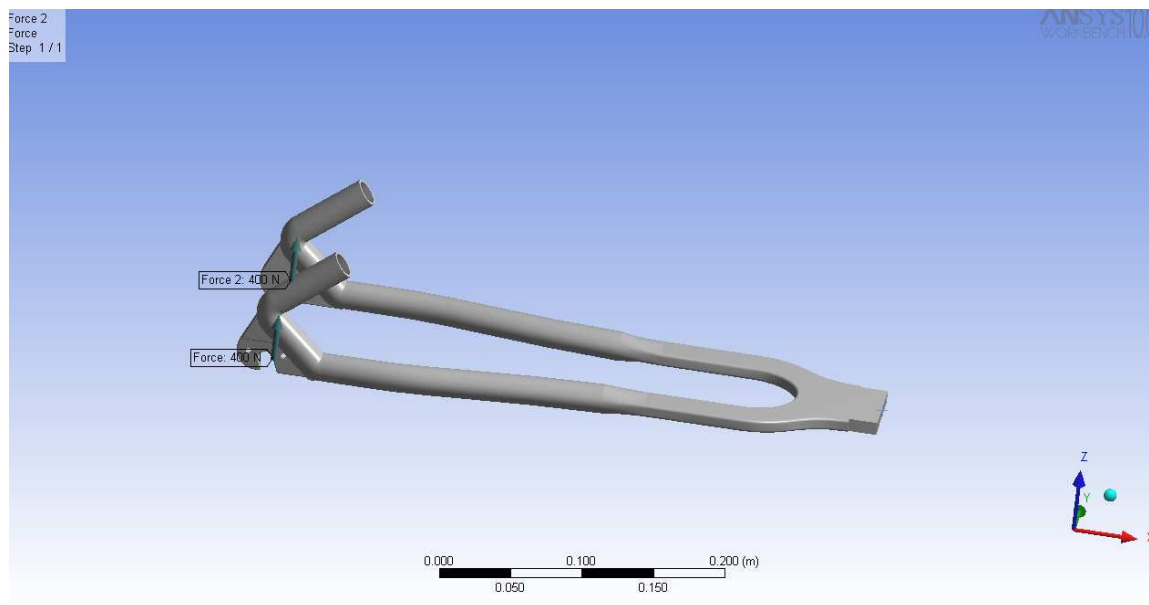
Tensión equivalente de Von Mises

3.7 Ensayo del basculante trasero

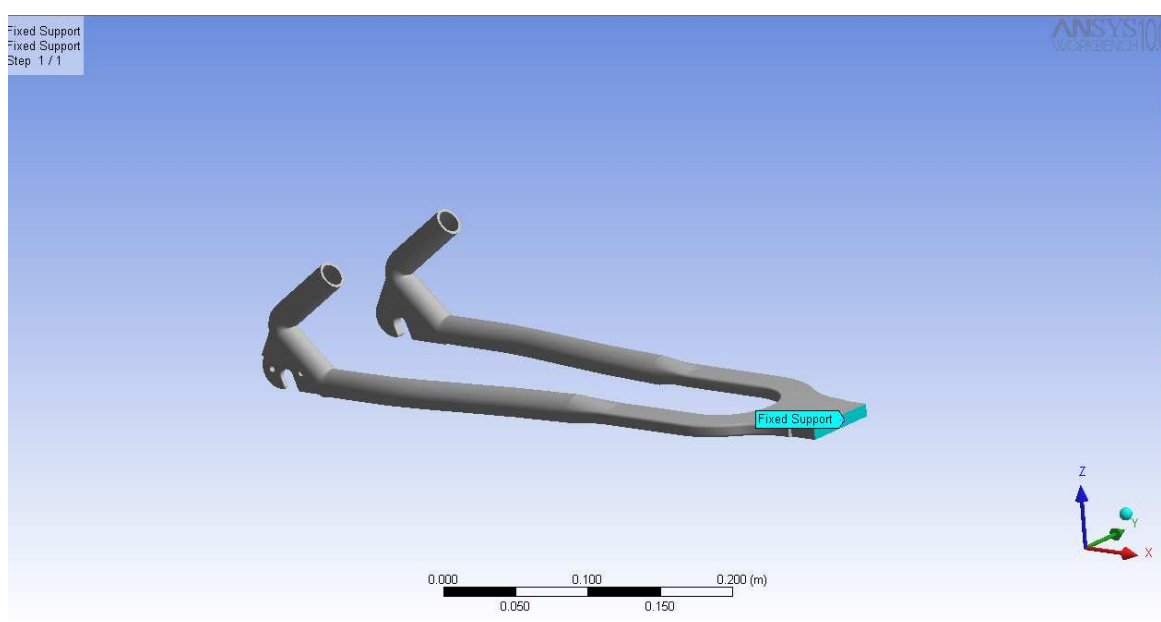
También se va a incluir un ensayo del basculante trasero para comprobar que es válido. Se fijará como apoyo o punto fijo la parte en la que esta unida al resto del cuadro, y las fuerzas actuarán sobre los anclajes de la rueda trasera. La fuerza que vamos a considerar será de 800 N, ya que no todo el peso que apoyamos sobre el sillín cae sobre la rueda trasera, se reparte entre las dos. Se elige esta fuerza para tener un coeficiente de seguridad. También se aplicarán las cargas durante 80000 ciclos. A continuación se muestran varias imágenes del ensayo:



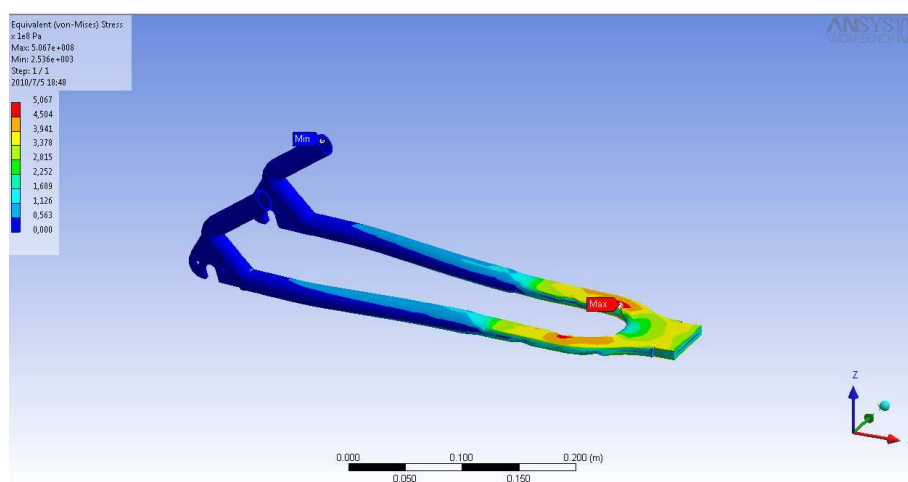
Geometría exportada



Fuerzas aplicadas



Soporte fijado



Máxima tensión generada en el basculante

Después de realizar el ensayo podemos decir que la máxima tensión que se obtiene es de 506,8 MPa, pero como el basculante es de carbono y su límite está en 2,83 GPa, podemos dar como bueno el diseño.

La máxima deformación que se alcanzaría sería de 0,286 mm.

3.8 Conclusiones

Después de hacer las simulaciones, rediseñar en el caso que haya sido necesario y comprobar que lo diseñado es válido ya podemos comenzar la fabricación del prototipo.

4. Resultados obtenidos en Ansys

En este apartado se van a incluir los informes que genera Ansys por el siguientes orden: ensayo con aluminio 7005 T-6, aluminio 6061 T-6, fibra de carbono, vida a fatiga, basculante.

4.1 Informe ensayo aluminio 7005 T-6



Project

Author

Javier Garcia Romeo

Subject

Proyecto Final de Carrera

Prepared For

Diseño de un cuadro de bicicleta de montaña

Project Created

Wednesday, June 09, 2010 at 5:02:26 PM

Project Last Modified

Sunday, June 27, 2010 at 6:22:24 PM

Report Created

Monday, July 05, 2010 at 6:57:02 PM

Software Used

[ANSYS 10.0](#)

Database

C:\Users\Javier\Documents\Universidad\PFC\Ensayos con Ansys\Ensayo 1.dsd

1. Summary

This report documents design and analysis information created and maintained using the ANSYS® engineering software program. Each scenario listed below represents one complete engineering simulation.

Scenario 1

- Based on the DesignModeler assembly ["C:\Users\Javier\Documents\Universidad\PFCEnsayos con Ansys\Ensayo 1.agdb"](#).
 - Considered the effect of [body-to-body contact](#), [structural loads](#) and [structural supports](#).
 - Calculated safety factors and margins based on [maximum equivalent stress](#) and [maximum shear stress](#) along with [structural](#) results.
 - No [convergence criteria](#) defined.
 - No [alert criteria](#) defined.
 - See [Scenario 1](#) below for supporting details and [Appendix A1](#) for corresponding figures.
-

2. Introduction

The ANSYS CAE (Computer-Aided Engineering) software program was used in conjunction with 3D CAD (Computer-Aided Design) solid geometry to simulate the behavior of mechanical bodies under thermal/structural loading conditions. ANSYS automated FEA (Finite Element Analysis) technologies from [ANSYS, Inc.](#) to generate the results listed in this report.

Each scenario presented below represents one complete engineering simulation. The definition of a simulation includes known factors about a design such as material properties per body, contact behavior between bodies (in an assembly), and types and magnitudes of loading conditions. The results of a simulation provide insight into how the bodies may perform and how the design might be improved. Multiple scenarios allow comparison of results given different loading conditions, materials or geometric configurations.

Convergence and alert criteria may be defined for any of the results and can serve as guides for evaluating the quality of calculated results and the acceptability of values in the context of known design requirements.

- *Solution history* provides a means of assessing the quality of results by examining how values change during successive iterations of solution refinement. *Convergence criteria* sets a specific limit on the allowable change in a result between iterations. A result meeting this criteria is said to be "converged".
- *Alert criteria* define "allowable" ranges for result values. Alert ranges typically represent known aspects of the design specification.

All values are presented in the "SI Metric (m, kg, N, °C, s, V, A)" unit system.

Notice

Do not accept or reject a design based solely on the data presented in this report. Evaluate designs by considering this information in conjunction with experimental test data and the practical experience of design engineers and analysts. A quality approach to engineering design usually mandates physical testing as the final means of validating structural integrity to a measured precision.

3. Scenario 1

3.1. "Model"

"Model" obtains geometry from the DesignModeler assembly "C:\Users\Javier\Documents\Universidad\PFC\Ensayos con Ansys\Ensayo 1.agdb".

- The bounding box for all positioned bodies in the model measures 0.95 by 0.16 by 0.57 m along the global x, y and z axes, respectively.
- The model has a total mass of 6.87 kg.
- The model has a total volume of $2.92 \times 10^{-3} \text{ m}^3$.

Table 3.1.1. Bodies							
Name	Material	Nonlinear Material Effects	Bounding Box(m)	Mass (kg)	Volume (m ³)	Nodes	Elements
"Solid"	"Aluminio 7005-T6"	Yes	3.96×10^{-2} , 2.0×10^{-2} , 3.33×10^{-2}	1.32×10^{-2}	4.72×10^{-6}	1905	893
"Surface Body"	"Fibra de Carbono Resinas Castro"	Yes	0.45, 0.16, 9.7×10^{-2}	1.73	1.08×10^{-3}	8324	8478
"Solid"	"Aluminio 7005-T6"	Yes	0.62, 7.3×10^{-2} , 0.57	4.72	1.69×10^{-3}	35214	17543
"Solid"	"Aluminio 7005-T6"	Yes	3.86×10^{-2} , 2.0×10^{-2} , 3.51×10^{-2}	1.32×10^{-2}	4.72×10^{-6}	1963	937
"Solid"	"Aluminio 7005-T6"	Yes	0.31, 5.4×10^{-2} , 0.24	9.08×10^{-2}	3.24×10^{-5}	8802	4303
"Solid"	"Aluminio 7005-T6"	Yes	0.31, 0.06, 0.23	9.08×10^{-2}	3.24×10^{-5}	8918	4377
"Solid"	"Aluminio 7005-T6"	Yes	4.74×10^{-2} , 2.0×10^{-2} , 4.21×10^{-2}	2.35×10^{-2}	8.39×10^{-6}	1899	1010
"Solid"	"Aluminio 7005-T6"	Yes	4.89×10^{-2} , 2.0×10^{-2} , 3.97×10^{-2}	2.35×10^{-2}	8.39×10^{-6}	1709	883
"Solid"	"Aluminio 6061-T6"	Yes	5.15×10^{-2} , 5.5×10^{-2} , 0.1	0.13	4.87×10^{-5}	8190	4570
"Solid"	"Aluminio 7005-T6"	Yes	4.07×10^{-2} , 2.0×10^{-2} , 3.7×10^{-2}	1.36×10^{-2}	4.86×10^{-6}	2125	1161
"Solid"	"Aluminio 7005-T6"	Yes	4.07×10^{-2} , 2.0×10^{-2} , 3.7×10^{-2}	1.36×10^{-2}	4.86×10^{-6}	2043	1097

Table 3.1.2. Surface Bodies		
Name	Thickness (m)	Surface Area (m ²)
"Surface Body"	0.01	0.11

3.1.1. Contact

- "Contact" uses a tolerance of 0.0 for automatic detection.

Table 3.1.1.1. Contact Conditions										
Name	Type	Associated Bodies	Scope	Normal Stiffness	Scope Mode	Behavior	Update Stiffness	Formulation	Thermal Conductance	Pinball Region

"Contact Region 1"	Bonded	"Solid" and "Solid"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 2"	Bonded	"Solid" and "Solid"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 3"	Bonded	"Surface Body" and "Solid"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 4"	Bonded	"Surface Body" and "Solid"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 5"	Bonded	"Surface Body" and "Solid"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 6"	Bonded	"Solid" and "Solid"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 7"	Bonded	"Solid" and "Solid"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 8"	Bonded	"Solid" and "Solid"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 9"	Bonded	"Solid" and "Solid"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 10"	Bonded	"Solid" and "Solid"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 11"	Bonded	"Solid" and "Solid"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 12"	Bonded	"Solid" and "Solid"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled

3.1.2. Mesh

- "Mesh", associated with "Model" has an overall relevance of 0.
- "Mesh" contains 81092 nodes and 45252 elements.

No mesh controls specified.

3.2. "Environment"

Simulation Type is set to Static

Analysis Type is set to Static Structural

"Environment" contains all loading conditions defined for "Model" in this scenario.

3.2.1. Structural Loading

Table 3.2.1.1. Structural Loads									
Name	Type	Magnitude	Vector	Reaction Force	Reaction Force Vector	Reaction Moment	Reaction Moment Vector	Location	Associated Bodies
"Force"	Surface Force	1,000.0 N	[0.0 N x, 0.0 N y, -1,000.0 N z]	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	"Solid"
"Remote Force"	Remote Force	200.0 N	[0.0 N x, 0.0 N y, -200.0 N z]	N/A	N/A	N/A	N/A	[0.17 m x, -0.08 m y, 0.0 m z]	"Solid"
"Remote Force 2"	Remote Force	200.0 N	[0.0 N x, 0.0 N y, -200.0 N z]	N/A	N/A	N/A	N/A	[-0.17 m x, 0.08 m y, 0.0 m z]	"Solid"
"Force 2"	Surface Force	200.0 N	[0.0 N x, 0.0 N y, -200.0 N z]	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	"Solid"

3.2.2. Structural Supports

Table 3.2.2.1. Structural Supports						
Name	Type	Reaction Force	Reaction Force Vector	Reaction Moment	Reaction Moment Vector	Associated Bodies
"Fixed Support"	Fixed Surface	782.02 N	[-779.0 N x, 68.41 N y, 5.76 N z]	4.41 N·m	[4.17×10 ⁻² N·m x, -3.38 N·m y, 2.84 N·m z]	"Surface Body"
"Fixed Support 2"	Fixed Surface	797.05 N	[-794.07 N x, -68.42 N y, 7.79 N z]	4.52 N·m	[0.23 N·m x, -2.53 N·m y, -3.73 N·m z]	"Surface Body"
"Fixed Support 3"	Fixed Surface	2,235.54 N	[1,572.17 N x, -0.18 N y, 1,589.32 N z]	81.88 N·m	[-0.41 N·m x, 81.87 N·m y, -0.75 N·m z]	"Solid"

NOTE: If a body contains two or more supports that share an edge or vertex, use caution in evaluating the listed reaction forces at those supports. Calculation of reaction forces includes the forces acting along bounding edges and vertices. When supports share edges or vertices the global summation of forces may not appear to balance.

3.3. "Solution"

Solver Type is set to Program Controlled

Weak Springs is set to Program Controlled

Large Deflection is set to Off

"Solution" contains the calculated response for "Model" given loading conditions defined in "Environment".

- Thermal expansion calculations use a constant reference temperature of 22.0 °C for all bodies in "Model". Theoretically, at a uniform temperature of 22.0 °C no strain results from thermal expansion or contraction.

3.3.1. Structural Results

Table 3.3.1.1. Values						
Name	Scope	Minimum	Maximum	Minimum Occurs On	Maximum Occurs On	Alert Criteria
"Equivalent Stress"	All Bodies In "Model"	0.0 Pa	1.34×10^7 Pa	Surface Body	Solid	None
"Maximum Shear Stress"	All Bodies In "Model"	0.0 Pa	7.69×10^6 Pa	Surface Body	Solid	None
"Total Deformation"	All Bodies In "Model"	0.0 m	1.16×10^{-4} m	Surface Body	Solid	None

- Convergence tracking not enabled.

3.3.2. Equivalent Stress Safety

Table 3.3.2.1. Definition				
Name	Stress Limit			
"Stress Tool"	Yield strength per material.			

Table 3.3.2.2. Results				
Name	Scope	Type	Minimum	Alert Criteria
"Stress Tool"	All Bodies In "Model"	Safety Factor	15.0	None
"Stress Tool"	All Bodies In "Model"	Safety Margin	14.0	None

- Convergence tracking not enabled.

3.3.3. Shear Stress Safety

Table 3.3.3.1. Definition		
Name	Shear Limit	Shear Factor
"Stress Tool 2"	Yield strength per material.	0.5

Table 3.3.3.2. Results				
Name	Scope	Type	Minimum	Alert Criteria
"Stress Tool 2"	All Bodies In "Model"	Safety Factor	15.0	None
"Stress Tool 2"	All Bodies In "Model"	Safety Margin	14.0	None

- Convergence tracking not enabled.

Appendices

A1. Scenario 1 Figures

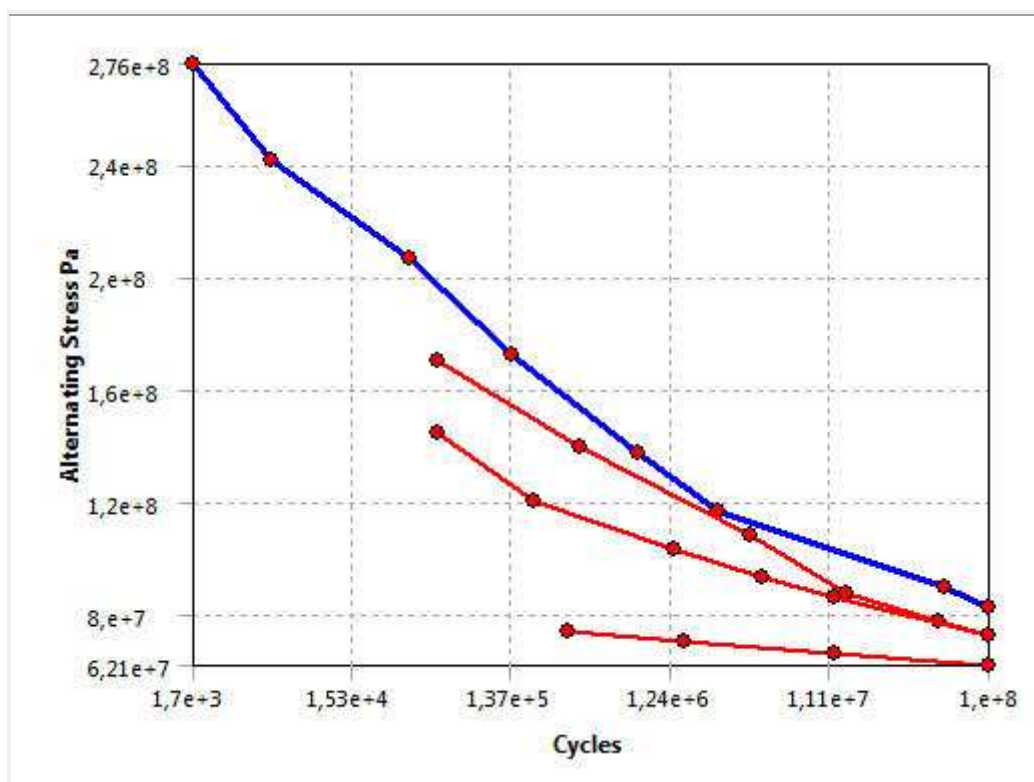
No figures to display.

A2. Definition of "Aluminio 7005-T6"

Table A2.1. "Aluminio 7005-T6" Constant Properties

Name	Value
Compressive Ultimate Strength	0.0 Pa
Compressive Yield Strength	4.8×10^8 Pa
Density	2,800.0 kg/m ³
Poisson's Ratio	0.33
Tensile Yield Strength	4.8×10^8 Pa
Tensile Ultimate Strength	5.5×10^8 Pa
Young's Modulus	7.2×10^{10} Pa
Thermal Expansion	2.3×10^{-5} 1/°C
Specific Heat	875.0 J/kg·°C
Relative Permeability	1.0
Resistivity	5.7×10^{-8} Ohm·m

Table A2.2. Alternating Stress

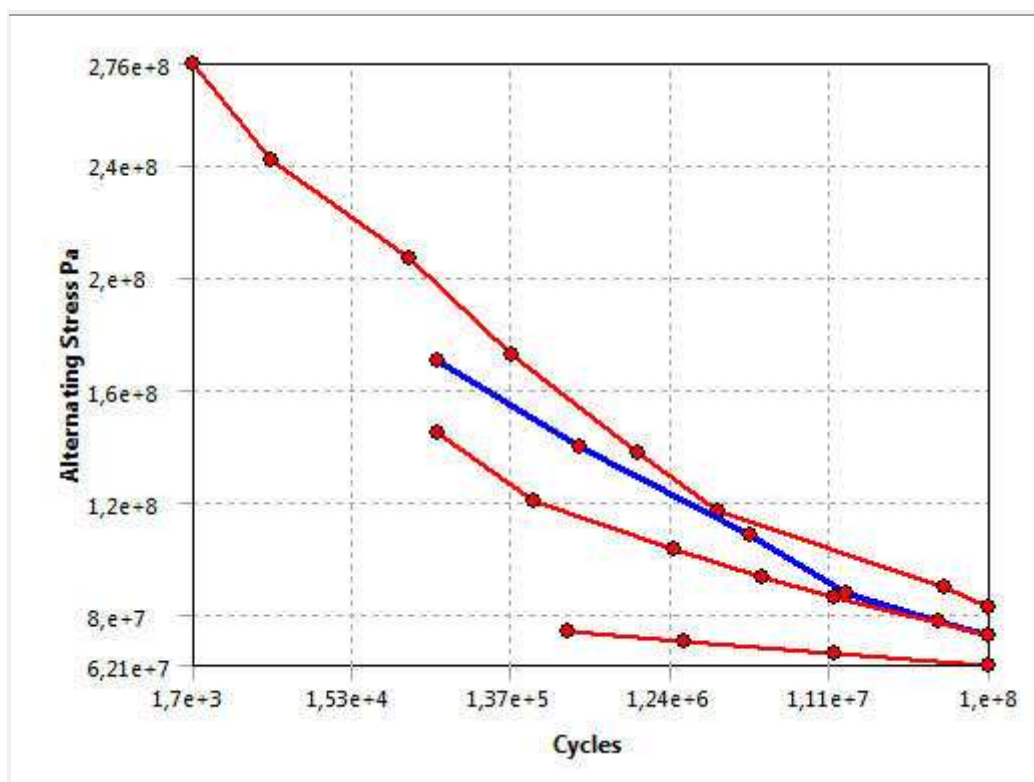


Mean Value -1.0

Table A2.3. "Alternating Stress"

Cycles	Alternating Stress
1,700.0	2.76×10 ⁸ Pa
5,000.0	2.41×10 ⁸ Pa
34,000.0	2.07×10 ⁸ Pa
140,000.0	1.72×10 ⁸ Pa
800,000.0	1.38×10 ⁸ Pa
2.4×10 ⁶	1.17×10 ⁸ Pa
5.5×10 ⁷	8.96×10 ⁷ Pa
1.0×10 ⁸	8.27×10 ⁷ Pa

Table A2.4. Alternating Stress

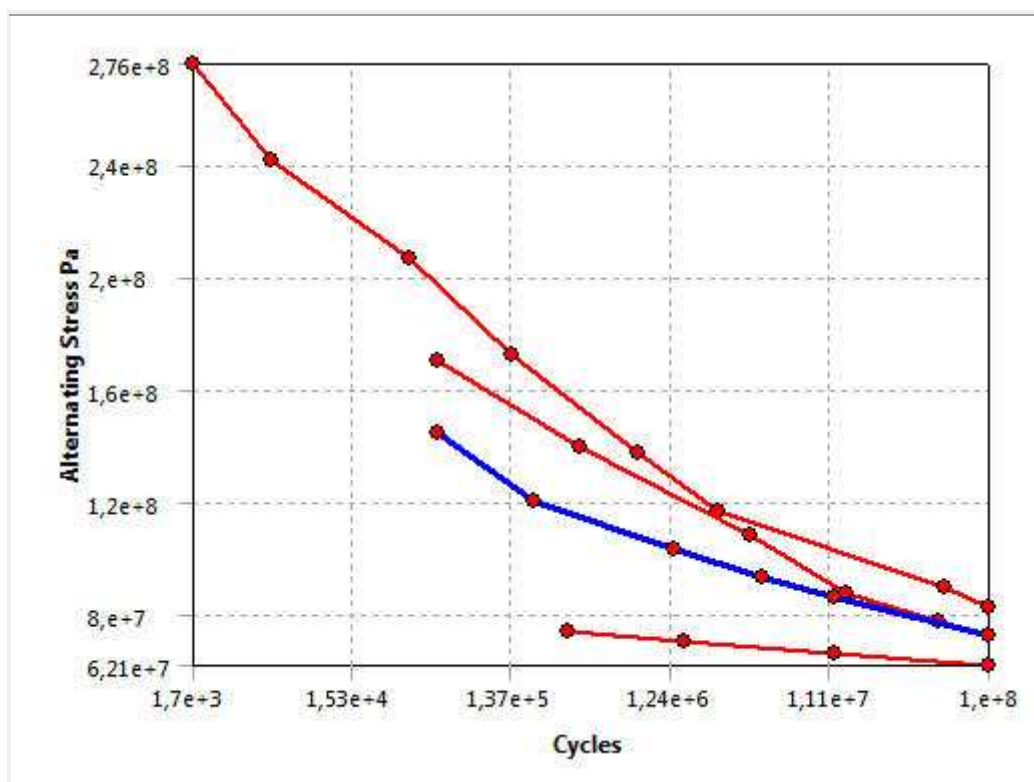


Mean Value -0.5

Table A2.5. "Alternating Stress"

Cycles	Alternating Stress
50,000.0	1.71×10 ⁸ Pa
350,000.0	1.4×10 ⁸ Pa
3.7×10 ⁶	1.09×10 ⁸ Pa
1.4×10 ⁷	8.79×10 ⁷ Pa
5.0×10 ⁷	7.76×10 ⁷ Pa
1.0×10 ⁸	7.24×10 ⁷ Pa

Table A2.6. Alternating Stress

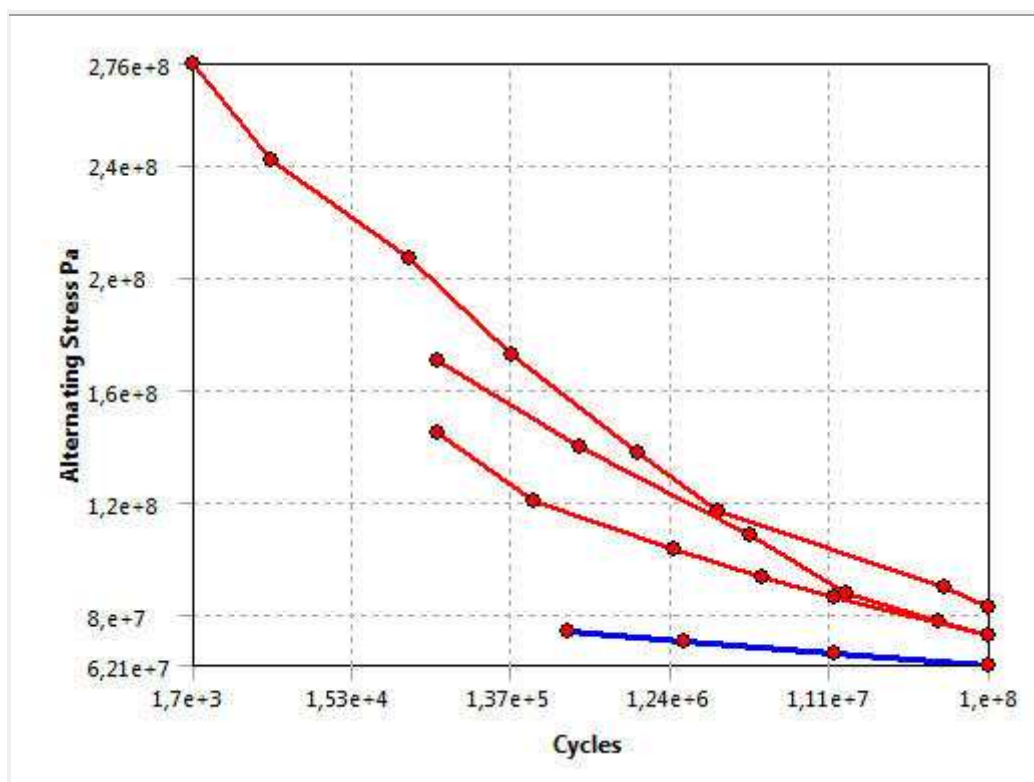


Mean Value 0.0

Table A2.7. "Alternating Stress"

Cycles	Alternating Stress
50,000.0	1.45×10 ⁸ Pa
190,000.0	1.21×10 ⁸ Pa
1.3×10 ⁶	1.03×10 ⁸ Pa
4.4×10 ⁶	9.31×10 ⁷ Pa
1.2×10 ⁷	8.62×10 ⁷ Pa
1.0×10 ⁸	7.24×10 ⁷ Pa

Table A2.8. Alternating Stress



Mean Value 0.5

Table A2.9. "Alternating Stress"

Cycles	Alternating Stress
300,000.0	7.41×10^7 Pa
1.5×10^6	7.07×10^7 Pa
1.2×10^7	6.64×10^7 Pa
1.0×10^8	6.2×10^7 Pa

Table A2.10. Thermal Conductivity

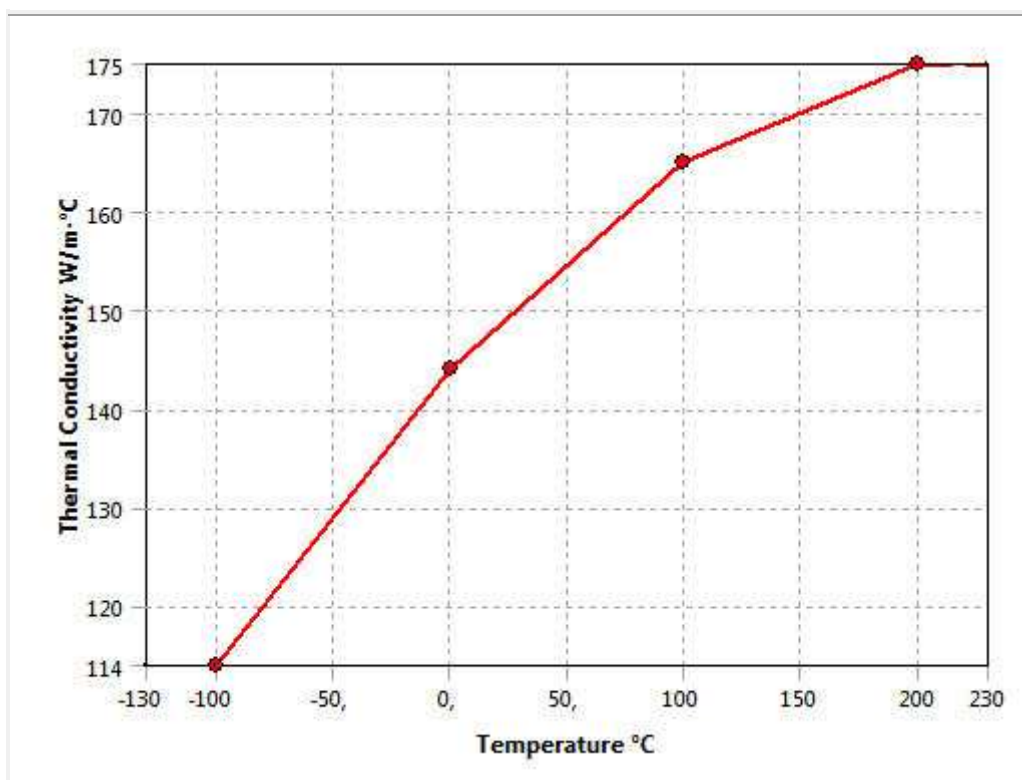


Table A2.11. "Thermal Conductivity"

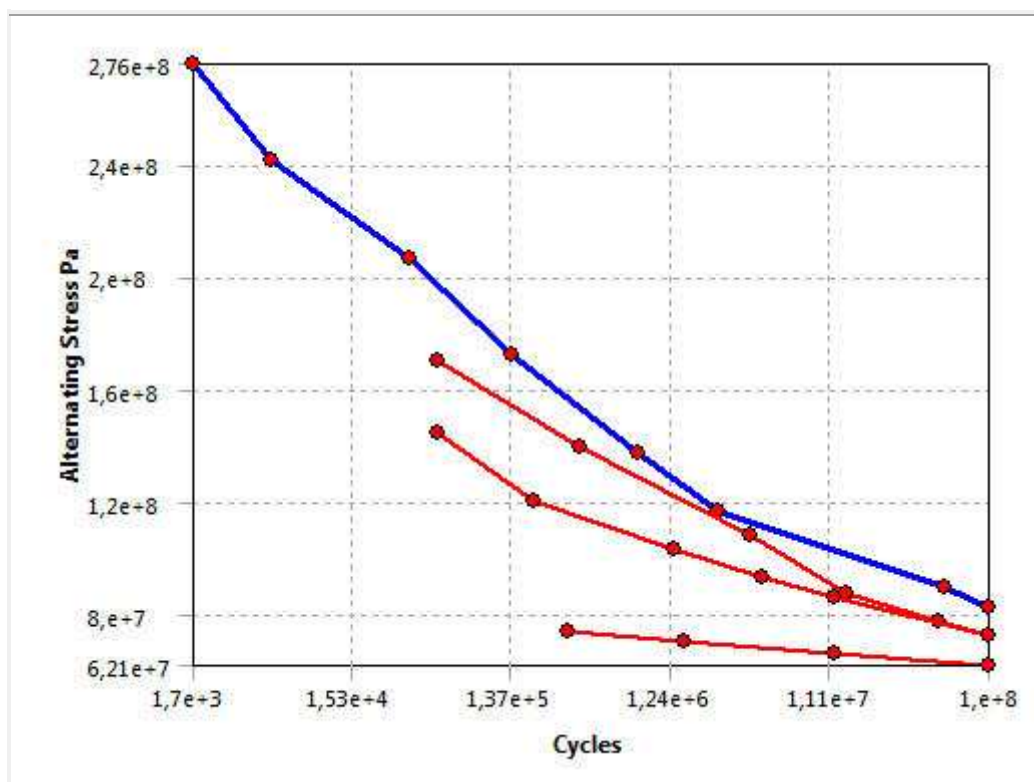
Temperature °C	Thermal Conductivity W/m·°C
-100.0	114.0
0.0	144.0
100.0	165.0
200.0	175.0

A3. Definition of "Fibra de Carbono Resinas Castro"

Table A3.1. "Fibra de Carbono Resinas Castro" Constant Properties

Name	Value
Compressive Ultimate Strength	0.0 Pa
Compressive Yield Strength	2.83×10^9 Pa
Density	1,600.0 kg/m ³
Poisson's Ratio	0.33
Tensile Yield Strength	2.83×10^9 Pa
Tensile Ultimate Strength	2.83×10^9 Pa
Young's Modulus	2.0×10^{11} Pa
Thermal Expansion	2.3×10^{-5} 1/°C
Specific Heat	875.0 J/kg·°C
Relative Permeability	1.0
Resistivity	5.7×10^{-8} Ohm·m

Table A3.2. Alternating Stress

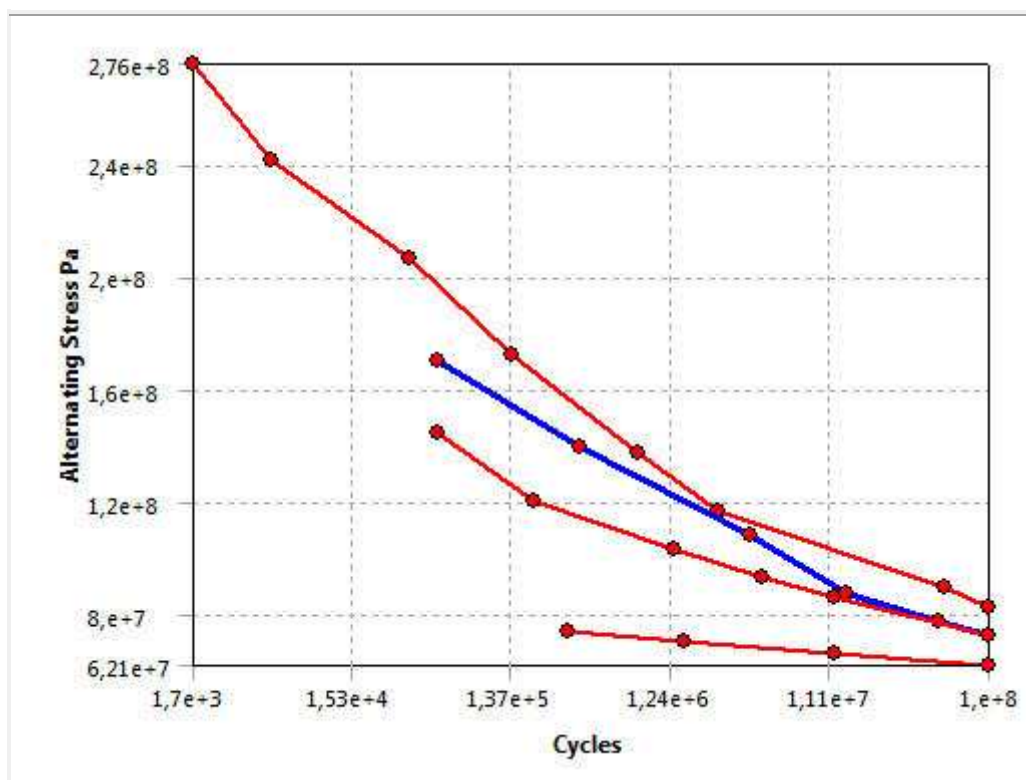


Mean Value -1.0

Table A3.3. "Alternating Stress"

Cycles	Alternating Stress
1,700.0	2.76×10 ⁸ Pa
5,000.0	2.41×10 ⁸ Pa
34,000.0	2.07×10 ⁸ Pa
140,000.0	1.72×10 ⁸ Pa
800,000.0	1.38×10 ⁸ Pa
2.4×10 ⁶	1.17×10 ⁸ Pa
5.5×10 ⁷	8.96×10 ⁷ Pa
1.0×10 ⁸	8.27×10 ⁷ Pa

Table A3.4. Alternating Stress

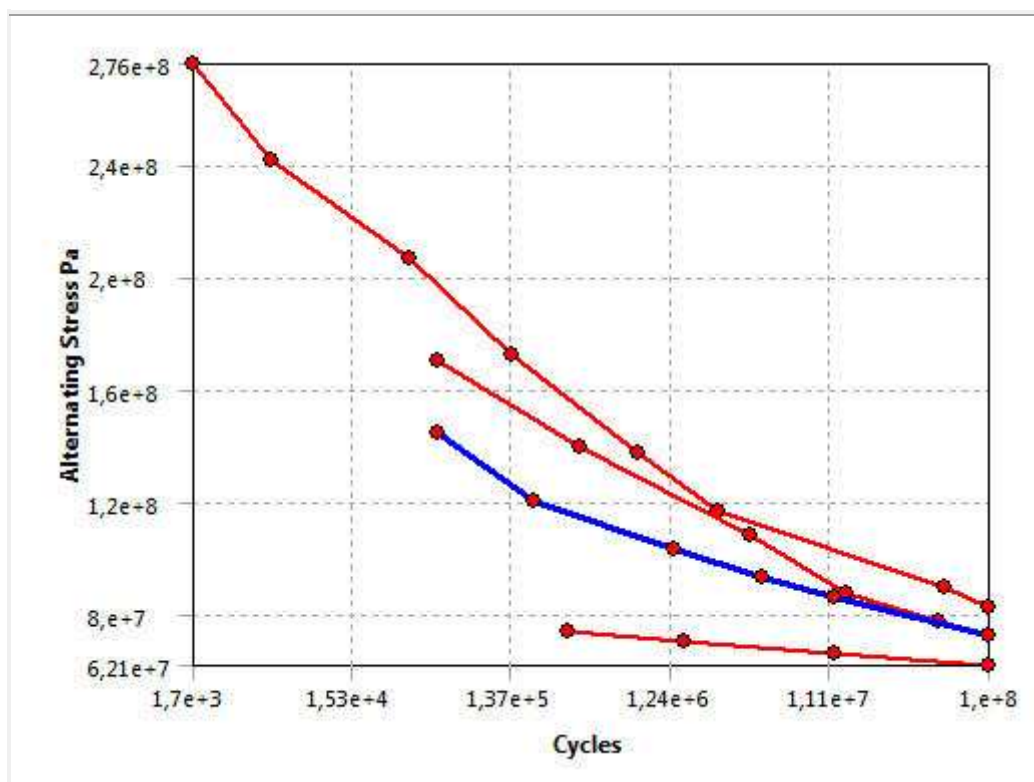


Mean Value -0.5

Table A3.5. "Alternating Stress"

Cycles	Alternating Stress
50,000.0	1.71×10 ⁸ Pa
350,000.0	1.4×10 ⁸ Pa
3.7×10 ⁶	1.09×10 ⁸ Pa
1.4×10 ⁷	8.79×10 ⁷ Pa
5.0×10 ⁷	7.76×10 ⁷ Pa
1.0×10 ⁸	7.24×10 ⁷ Pa

Table A3.6. Alternating Stress

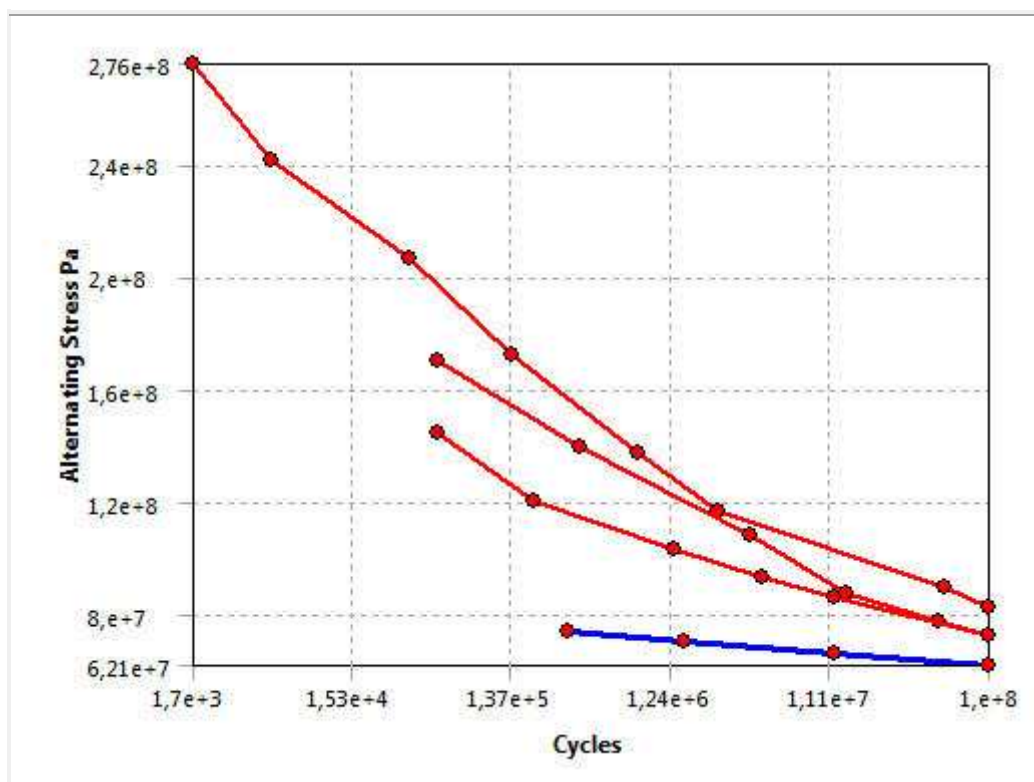


Mean Value 0.0

Table A3.7. "Alternating Stress"

Cycles	Alternating Stress
50,000.0	1.45×10 ⁸ Pa
190,000.0	1.21×10 ⁸ Pa
1.3×10 ⁶	1.03×10 ⁸ Pa
4.4×10 ⁶	9.31×10 ⁷ Pa
1.2×10 ⁷	8.62×10 ⁷ Pa
1.0×10 ⁸	7.24×10 ⁷ Pa

Table A3.8. Alternating Stress



Mean Value 0.5

Table A3.9. "Alternating Stress"

Cycles	Alternating Stress
300,000.0	7.41×10^7 Pa
1.5×10^6	7.07×10^7 Pa
1.2×10^7	6.64×10^7 Pa
1.0×10^8	6.2×10^7 Pa

Table A3.10. Thermal Conductivity

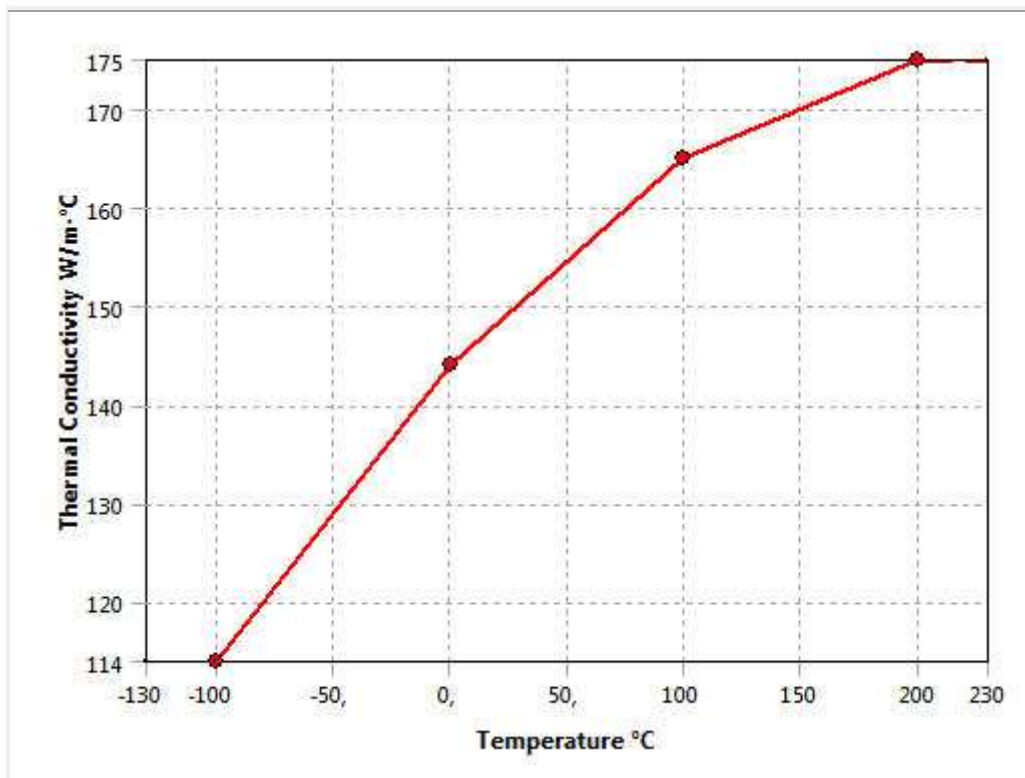


Table A3.11. "Thermal Conductivity"

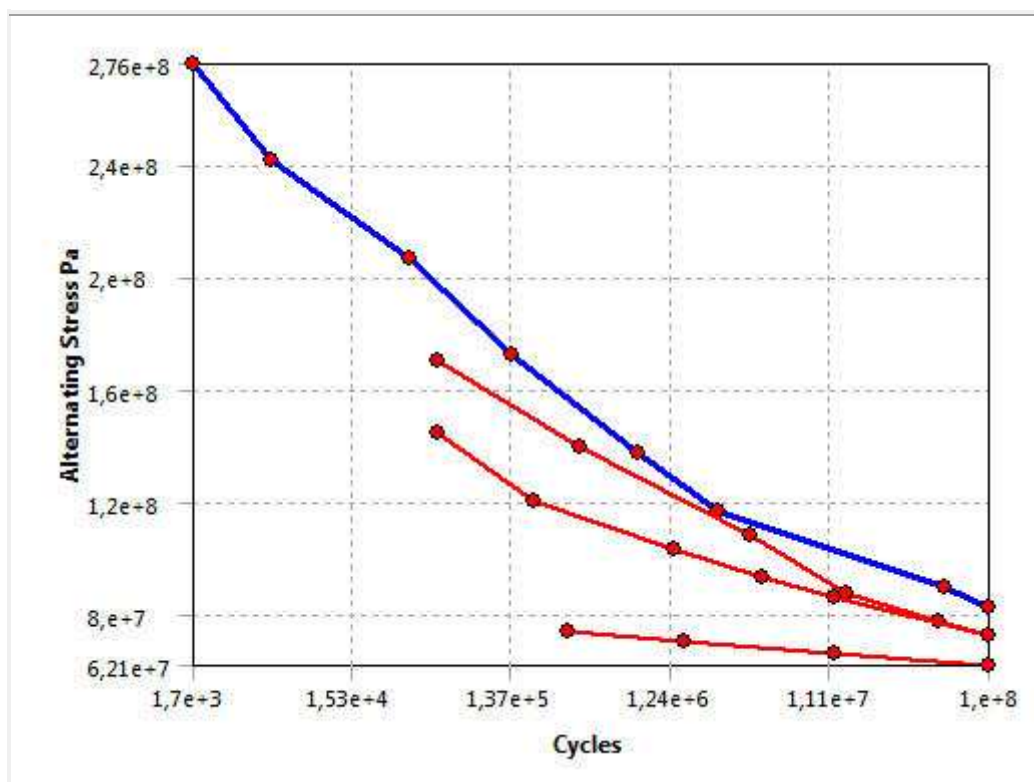
Temperature °C	Thermal Conductivity W/m·°C
-100.0	114.0
0.0	144.0
100.0	165.0
200.0	175.0

A4. Definition of "Aluminio 6061-T6"

Table A4.1. "Aluminio 6061-T6" Constant Properties

Name	Value
Compressive Ultimate Strength	0.0 Pa
Compressive Yield Strength	2.7×10^8 Pa
Density	2,700.0 kg/m ³
Poisson's Ratio	0.33
Tensile Yield Strength	2.7×10^8 Pa
Tensile Ultimate Strength	3.1×10^8 Pa
Young's Modulus	7.0×10^{10} Pa
Thermal Expansion	2.3×10^{-5} 1/°C
Specific Heat	875.0 J/kg·°C
Relative Permeability	1.0
Resistivity	5.7×10^{-8} Ohm·m

Table A4.2. Alternating Stress

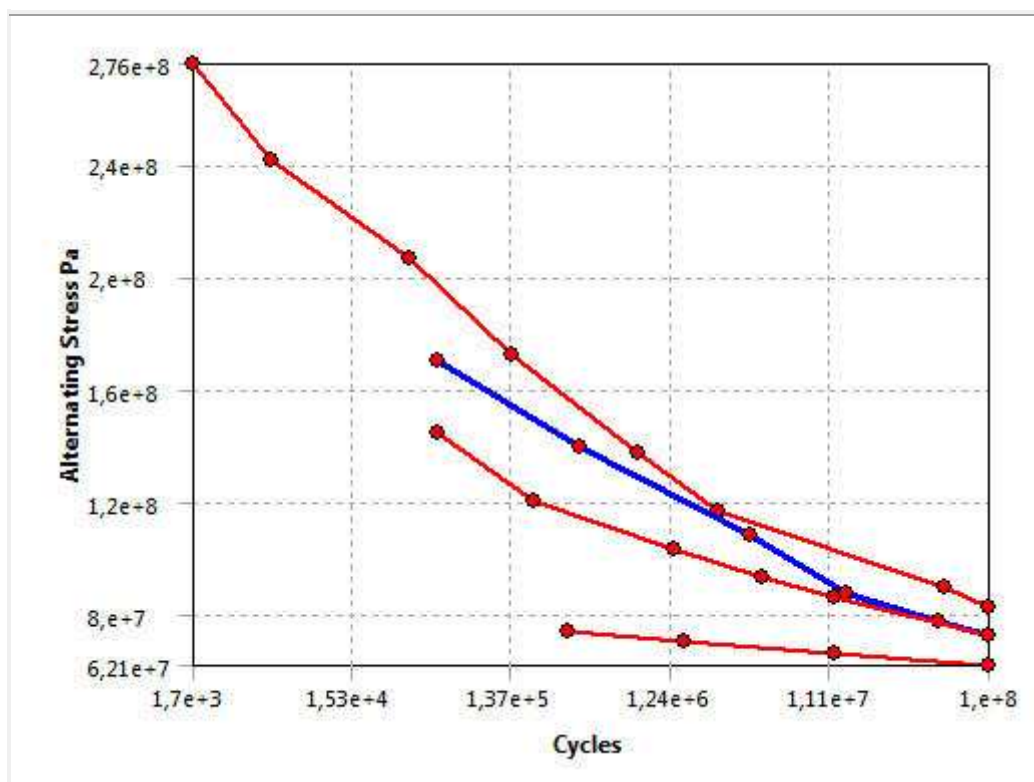


Mean Value -1.0

Table A4.3. "Alternating Stress"

Cycles	Alternating Stress
1,700.0	2.76×10 ⁸ Pa
5,000.0	2.41×10 ⁸ Pa
34,000.0	2.07×10 ⁸ Pa
140,000.0	1.72×10 ⁸ Pa
800,000.0	1.38×10 ⁸ Pa
2.4×10 ⁶	1.17×10 ⁸ Pa
5.5×10 ⁷	8.96×10 ⁷ Pa
1.0×10 ⁸	8.27×10 ⁷ Pa

Table A4.4. Alternating Stress

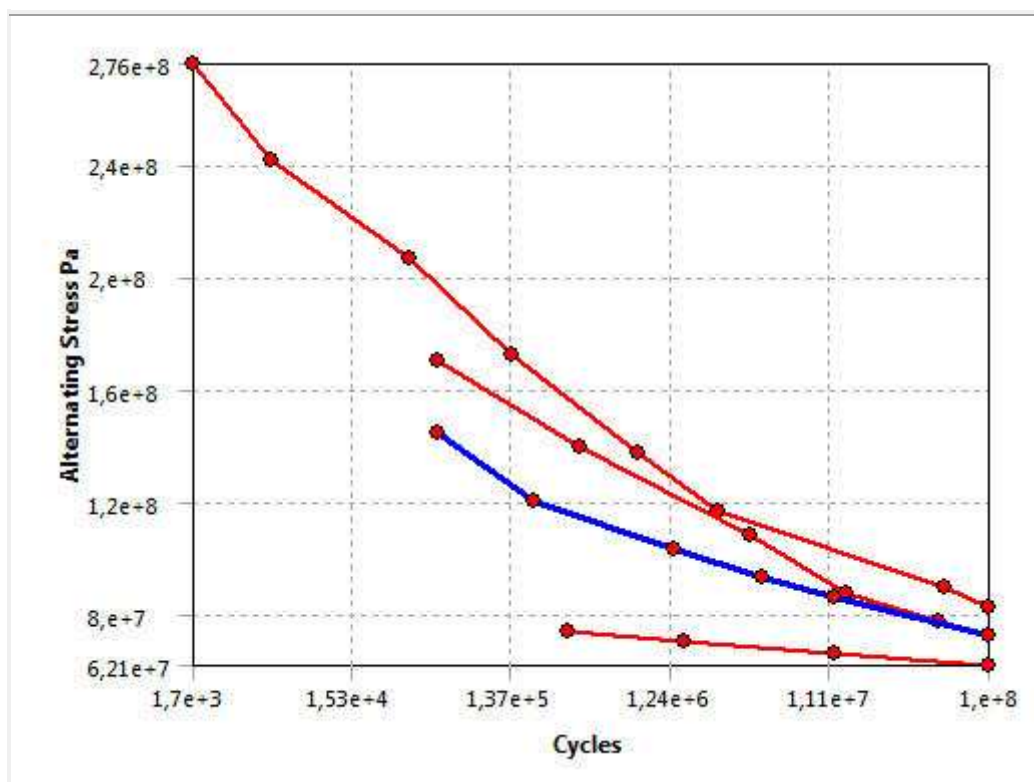


Mean Value -0.5

Table A4.5. "Alternating Stress"

Cycles	Alternating Stress
50,000.0	1.71×10 ⁸ Pa
350,000.0	1.4×10 ⁸ Pa
3.7×10 ⁶	1.09×10 ⁸ Pa
1.4×10 ⁷	8.79×10 ⁷ Pa
5.0×10 ⁷	7.76×10 ⁷ Pa
1.0×10 ⁸	7.24×10 ⁷ Pa

Table A4.6. Alternating Stress

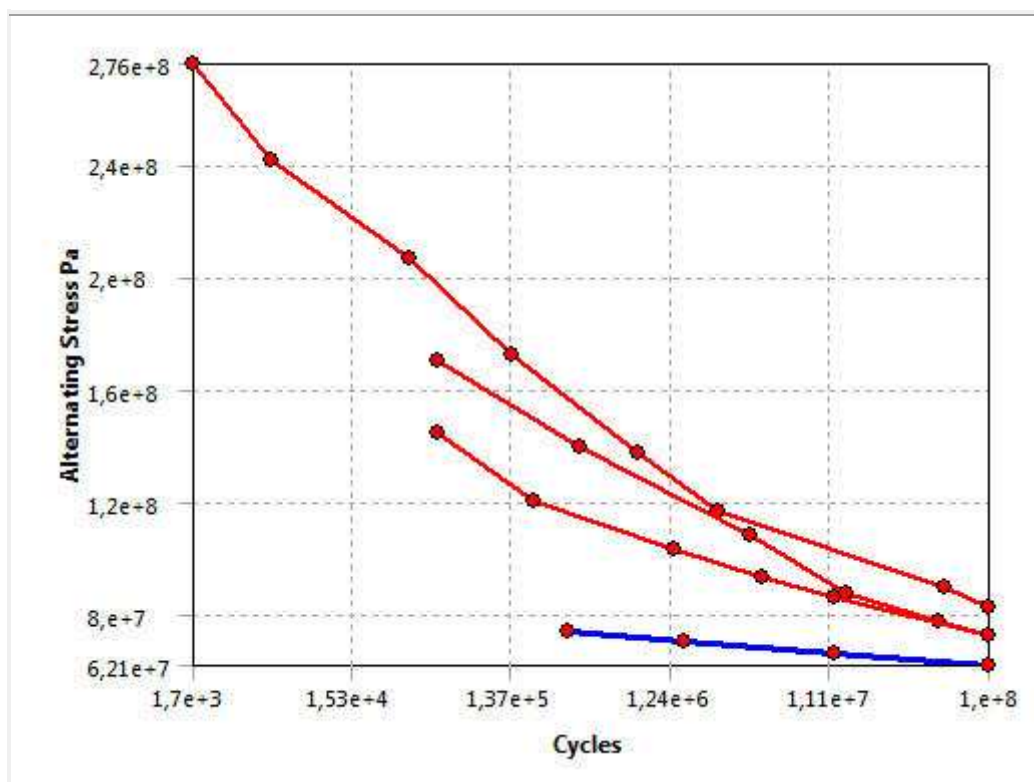


Mean Value 0.0

Table A4.7. "Alternating Stress"

Cycles	Alternating Stress
50,000.0	1.45×10^8 Pa
190,000.0	1.21×10^8 Pa
1.3×10^6	1.03×10^8 Pa
4.4×10^6	9.31×10^7 Pa
1.2×10^7	8.62×10^7 Pa
1.0×10^8	7.24×10^7 Pa

Table A4.8. Alternating Stress



Mean Value 0.5

Table A4.9. "Alternating Stress"

Cycles	Alternating Stress
300,000.0	7.41×10^7 Pa
1.5×10^6	7.07×10^7 Pa
1.2×10^7	6.64×10^7 Pa
1.0×10^8	6.2×10^7 Pa

Table A4.10. Thermal Conductivity

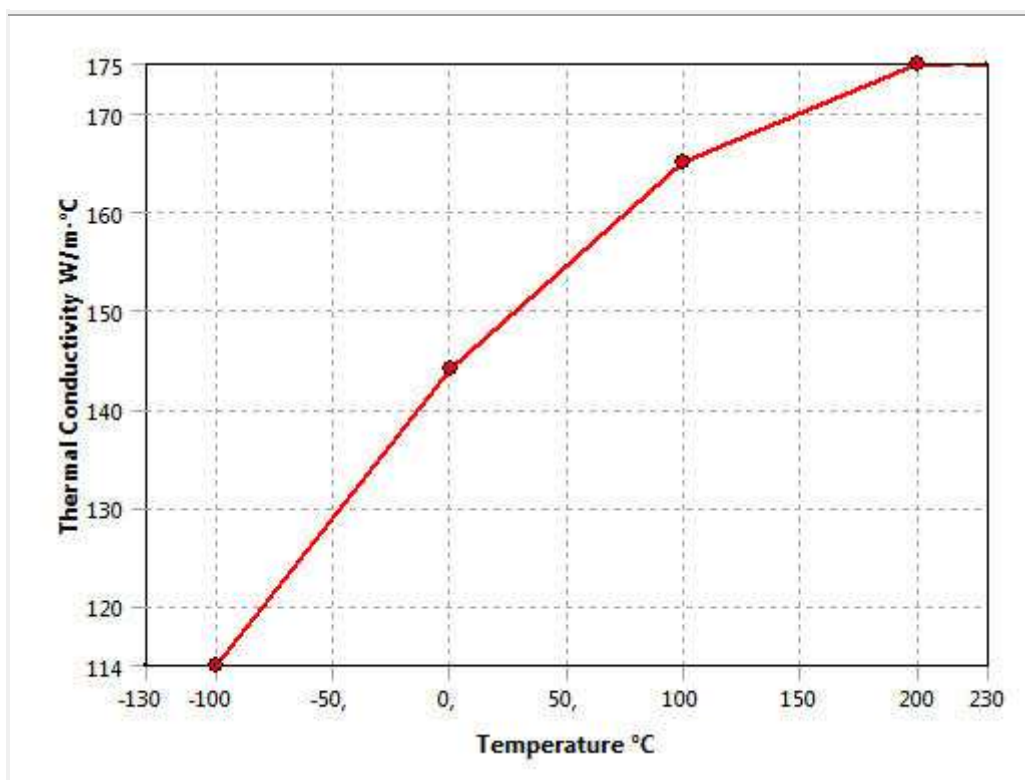


Table A4.11. "Thermal Conductivity"

Temperature °C	Thermal Conductivity W/m·°C
-100.0	114.0
0.0	144.0
100.0	165.0
200.0	175.0

A5. Distributing This Report

The following table lists the files that you need to include for posting this report to an Internet or Intranet web server or for moving this report to a different location. Store all files in the same folder as the HTML page.

This report was originally generated in the folder "C:\Users\Javier\AppData\Roaming\Ansys\lv100\".

Table A5.1. Files Included In This Report	
File Name	Description
"DSReport.htm"	This HTML page.
"StyleSheet.css"	The Cascading Style Sheet used to format the HTML page.
"AnsCompanyLogo.gif"	The ANSYS image displayed at the top of the title page.
"Table0001.jpg"	Table A2.2. "Alternating Stress" Alternating Stress
"Table0002.jpg"	Table A2.4. "Alternating Stress" Alternating Stress
"Table0003.jpg"	Table A2.6. "Alternating Stress" Alternating Stress
"Table0004.jpg"	Table A2.8. "Alternating Stress" Alternating Stress
"Table0005.jpg"	Table A2.10. "Thermal Conductivity" Thermal Conductivity
"Table0006.jpg"	Table A3.2. "Alternating Stress" Alternating Stress
"Table0007.jpg"	Table A3.4. "Alternating Stress" Alternating Stress
"Table0008.jpg"	Table A3.6. "Alternating Stress" Alternating Stress
"Table0009.jpg"	Table A3.8. "Alternating Stress" Alternating Stress
"Table0010.jpg"	Table A3.10. "Thermal Conductivity" Thermal Conductivity
"Table0011.jpg"	Table A4.2. "Alternating Stress" Alternating Stress
"Table0012.jpg"	Table A4.4. "Alternating Stress" Alternating Stress
"Table0013.jpg"	Table A4.6. "Alternating Stress" Alternating Stress
"Table0014.jpg"	Table A4.8. "Alternating Stress" Alternating Stress
"Table0015.jpg"	Table A4.10. "Thermal Conductivity" Thermal Conductivity

4.2 Informe ensayo aluminio 6061 T-6



Project

Author

Javier Garcia Romeo

Subject

Proyecto Final de Carrera

Prepared For

Diseño de un cuadro de bicicleta de montaña

Project Created

Wednesday, June 09, 2010 at 5:02:26 PM

Project Last Modified

Sunday, June 27, 2010 at 6:22:24 PM

Report Created

Monday, July 05, 2010 at 6:59:17 PM

Software Used

[ANSYS 10.0](#)

Database

C:\Users\Javier\Documents\Universidad\PFC\Ensayos con Ansys\Ensayo 1.dsdb

1. Summary

This report documents design and analysis information created and maintained using the ANSYS® engineering software program. Each scenario listed below represents one complete engineering simulation.

Scenario 1

- Based on the DesignModeler assembly ["C:\Users\Javier\Documents\Universidad\PFCEnsayos con Ansys\Ensayo 1.agdb"](#).
 - Considered the effect of [body-to-body contact](#), [structural loads](#) and [structural supports](#).
 - Calculated safety factors and margins based on [maximum equivalent stress](#) and [maximum shear stress](#) along with [structural](#) results.
 - No [convergence criteria](#) defined.
 - No [alert criteria](#) defined.
 - See [Scenario 1](#) below for supporting details and [Appendix A1](#) for corresponding figures.
-

2. Introduction

The ANSYS CAE (Computer-Aided Engineering) software program was used in conjunction with 3D CAD (Computer-Aided Design) solid geometry to simulate the behavior of mechanical bodies under thermal/structural loading conditions. ANSYS automated FEA (Finite Element Analysis) technologies from [ANSYS, Inc.](#) to generate the results listed in this report.

Each scenario presented below represents one complete engineering simulation. The definition of a simulation includes known factors about a design such as material properties per body, contact behavior between bodies (in an assembly), and types and magnitudes of loading conditions. The results of a simulation provide insight into how the bodies may perform and how the design might be improved. Multiple scenarios allow comparison of results given different loading conditions, materials or geometric configurations.

Convergence and alert criteria may be defined for any of the results and can serve as guides for evaluating the quality of calculated results and the acceptability of values in the context of known design requirements.

- *Solution history* provides a means of assessing the quality of results by examining how values change during successive iterations of solution refinement. *Convergence criteria* sets a specific limit on the allowable change in a result between iterations. A result meeting this criteria is said to be "converged".
- *Alert criteria* define "allowable" ranges for result values. Alert ranges typically represent known aspects of the design specification.

All values are presented in the "SI Metric (m, kg, N, °C, s, V, A)" unit system.

Notice

Do not accept or reject a design based solely on the data presented in this report. Evaluate designs by considering this information in conjunction with experimental test data and the practical experience of design engineers and analysts. A quality approach to engineering design usually mandates physical testing as the final means of validating structural integrity to a measured precision.

3. Scenario 1

3.1. "Model"

"Model" obtains geometry from the DesignModeler assembly "C:\Users\Javier\Documents\Universidad\PFC\Ensayos con Ansys\Ensayo 1.agdb".

- The bounding box for all positioned bodies in the model measures 0.95 by 0.16 by 0.57 m along the global x, y and z axes, respectively.
- The model has a total mass of 6.69 kg.
- The model has a total volume of $2.92 \times 10^{-3} \text{ m}^3$.

Table 3.1.1. Bodies

Name	Material	Nonlinear Material Effects	Bounding Box(m)	Mass (kg)	Volume (m³)	Nodes	Elements
"Solid"	"Aluminio 6061-T6"	Yes	3.96×10^{-2} , 2.0×10^{-2} , 3.33×10^{-2}	1.28×10^{-2}	4.72×10^{-6}	1905	893
"Surface Body"	"Fibra de Carbono Resinas Castro"	Yes	0.45, 0.16, 9.7×10^{-2}	1.73	1.08×10^{-3}	8324	8478
"Solid"	"Aluminio 6061-T6"	Yes	0.62, 7.3×10^{-2} , 0.57	4.56	1.69×10^{-3}	35214	17543
"Solid"	"Aluminio 6061-T6"	Yes	3.86×10^{-2} , 2.0×10^{-2} , 3.51×10^{-2}	1.28×10^{-2}	4.72×10^{-6}	1963	937
"Solid"	"Aluminio 6061-T6"	Yes	0.31, 5.4×10^{-2} , 0.24	8.75×10^{-2}	3.24×10^{-5}	8802	4303
"Solid"	"Aluminio 6061-T6"	Yes	0.31, 0.06, 0.23	8.75×10^{-2}	3.24×10^{-5}	8918	4377
"Solid"	"Aluminio 6061-T6"	Yes	4.74×10^{-2} , 2.0×10^{-2} , 4.21×10^{-2}	2.27×10^{-2}	8.39×10^{-6}	1899	1010
"Solid"	"Aluminio 6061-T6"	Yes	4.89×10^{-2} , 2.0×10^{-2} , 3.97×10^{-2}	2.27×10^{-2}	8.39×10^{-6}	1709	883
"Solid"	"Aluminio 6061-T6"	Yes	5.15×10^{-2} , 5.5×10^{-2} , 0.1	0.13	4.87×10^{-5}	8190	4570
"Solid"	"Aluminio 6061-T6"	Yes	4.07×10^{-2} , 2.0×10^{-2} , 3.7×10^{-2}	1.31×10^{-2}	4.86×10^{-6}	2125	1161
"Solid"	"Aluminio 6061-T6"	Yes	4.07×10^{-2} , 2.0×10^{-2} , 3.7×10^{-2}	1.31×10^{-2}	4.86×10^{-6}	2043	1097

Table 3.1.2. Surface Bodies

Name	Thickness (m)	Surface Area (m²)
"Surface Body"	0.01	0.11

3.1.1. Contact

- "Contact" uses a tolerance of 0.0 for automatic detection.

Table 3.1.1.1. Contact Conditions

Name	Type	Associated Bodies	Scope	Normal Stiffness	Scope Mode	Behavior	Update Stiffness	Formulation	Thermal Conductance	Pinball Region
------	------	-------------------	-------	------------------	------------	----------	------------------	-------------	---------------------	----------------

"Contact Region 1"	Bonded	"Solid" and "Solid"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 2"	Bonded	"Solid" and "Solid"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 3"	Bonded	"Surface Body" and "Solid"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 4"	Bonded	"Surface Body" and "Solid"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 5"	Bonded	"Surface Body" and "Solid"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 6"	Bonded	"Solid" and "Solid"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 7"	Bonded	"Solid" and "Solid"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 8"	Bonded	"Solid" and "Solid"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 9"	Bonded	"Solid" and "Solid"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 10"	Bonded	"Solid" and "Solid"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 11"	Bonded	"Solid" and "Solid"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 12"	Bonded	"Solid" and "Solid"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled

3.1.2. Mesh

- "Mesh", associated with "Model" has an overall relevance of 0.
- "Mesh" contains 81092 nodes and 45252 elements.

No mesh controls specified.

3.2. "Environment"

Simulation Type is set to Static

Analysis Type is set to Static Structural

"Environment" contains all loading conditions defined for "Model" in this scenario.

3.2.1. Structural Loading

Table 3.2.1.1. Structural Loads									
Name	Type	Magnitude	Vector	Reaction Force	Reaction Force Vector	Reaction Moment	Reaction Moment Vector	Location	Associated Bodies
"Force"	Surface Force	1,000.0 N	[0.0 N x, 0.0 N y, -1,000.0 N z]	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	"Solid"
"Remote Force"	Remote Force	200.0 N	[0.0 N x, 0.0 N y, -200.0 N z]	N/A	N/A	N/A	N/A	[0.17 m x, -0.08 m y, 0.0 m z]	"Solid"
"Remote Force 2"	Remote Force	200.0 N	[0.0 N x, 0.0 N y, -200.0 N z]	N/A	N/A	N/A	N/A	[-0.17 m x, 0.08 m y, 0.0 m z]	"Solid"
"Force 2"	Surface Force	200.0 N	[0.0 N x, 0.0 N y, -200.0 N z]	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	"Solid"

3.2.2. Structural Supports

Table 3.2.2.1. Structural Supports						
Name	Type	Reaction Force	Reaction Force Vector	Reaction Moment	Reaction Moment Vector	Associated Bodies
"Fixed Support"	Fixed Surface	781.81 N	[-778.79 N x, 68.4 N y, 5.82 N z]	4.45 N·m	[4.49×10 ⁻² N·m x, -3.43 N·m y, 2.84 N·m z]	"Surface Body"
"Fixed Support 2"	Fixed Surface	797.25 N	[-794.27 N x, -68.43 N y, 7.86 N z]	4.54 N·m	[0.23 N·m x, -2.57 N·m y, -3.74 N·m z]	"Surface Body"
"Fixed Support 3"	Fixed Surface	2,235.46 N	[1,572.18 N x, -0.14 N y, 1,589.19 N z]	81.85 N·m	[-0.4 N·m x, 81.84 N·m y, -0.76 N·m z]	"Solid"

NOTE: If a body contains two or more supports that share an edge or vertex, use caution in evaluating the listed reaction forces at those supports. Calculation of reaction forces includes the forces acting along bounding edges and vertices. When supports share edges or vertices the global summation of forces may not appear to balance.

3.3. "Solution"

Solver Type is set to Program Controlled

Weak Springs is set to Program Controlled

Large Deflection is set to Off

"Solution" contains the calculated response for "Model" given loading conditions defined in "Environment".

- Thermal expansion calculations use a constant reference temperature of 22.0 °C for all bodies in "Model". Theoretically, at a uniform temperature of 22.0 °C no strain results from thermal expansion or contraction.

3.3.1. Structural Results

Table 3.3.1.1. Values						
Name	Scope	Minimum	Maximum	Minimum Occurs On	Maximum Occurs On	Alert Criteria
"Equivalent Stress"	All Bodies In "Model"	0.0 Pa	1.34×10^7 Pa	Surface Body	Solid	None
"Maximum Shear Stress"	All Bodies In "Model"	0.0 Pa	7.69×10^6 Pa	Surface Body	Solid	None
"Total Deformation"	All Bodies In "Model"	0.0 m	1.19×10^{-4} m	Surface Body	Solid	None

- Convergence tracking not enabled.

3.3.2. Equivalent Stress Safety

Table 3.3.2.1. Definition				
Name	Stress Limit			
"Stress Tool"	Yield strength per material.			

Table 3.3.2.2. Results				
Name	Scope	Type	Minimum	Alert Criteria
"Stress Tool"	All Bodies In "Model"	Safety Factor	15.0	None
"Stress Tool"	All Bodies In "Model"	Safety Margin	14.0	None

- Convergence tracking not enabled.

3.3.3. Shear Stress Safety

Table 3.3.3.1. Definition		
Name	Shear Limit	Shear Factor
"Stress Tool 2"	Yield strength per material.	0.5

Table 3.3.3.2. Results				
Name	Scope	Type	Minimum	Alert Criteria
"Stress Tool 2"	All Bodies In "Model"	Safety Factor	15.0	None
"Stress Tool 2"	All Bodies In "Model"	Safety Margin	14.0	None

- Convergence tracking not enabled.

Appendices

A1. Scenario 1 Figures

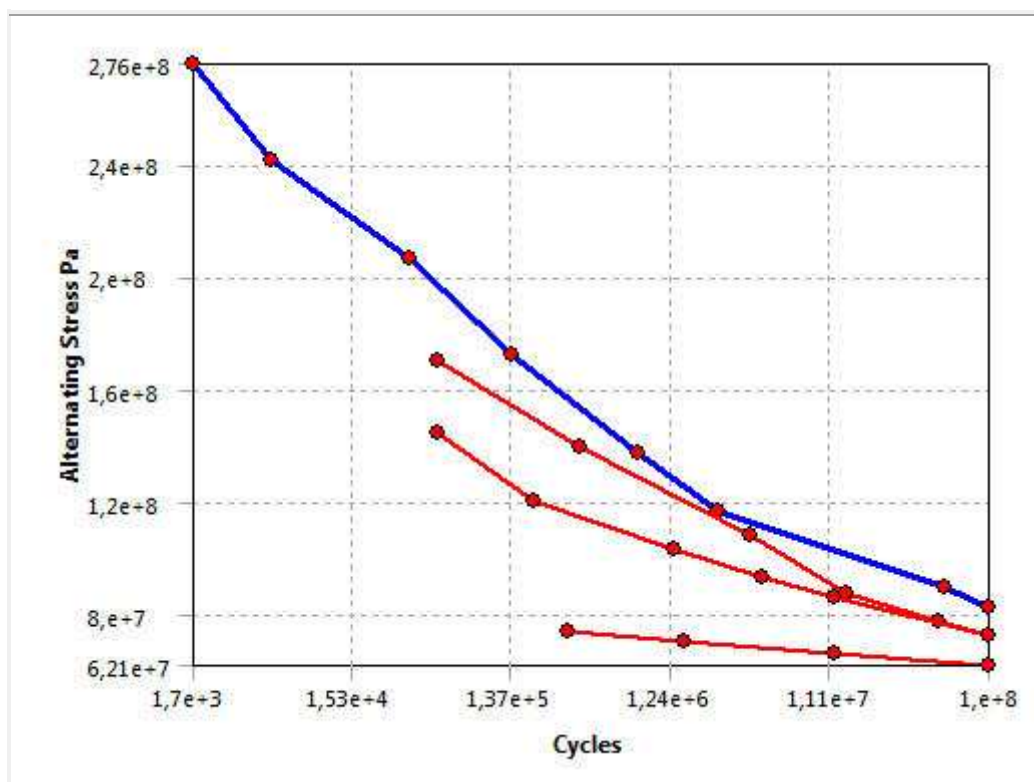
No figures to display.

A2. Definition of "Fibra de Carbono Resinas Castro"

Table A2.1. "Fibra de Carbono Resinas Castro" Constant Properties

Name	Value
Compressive Ultimate Strength	0.0 Pa
Compressive Yield Strength	2.83×10^9 Pa
Density	1,600.0 kg/m ³
Poisson's Ratio	0.33
Tensile Yield Strength	2.83×10^9 Pa
Tensile Ultimate Strength	2.83×10^9 Pa
Young's Modulus	2.0×10^{11} Pa
Thermal Expansion	2.3×10^{-5} 1/°C
Specific Heat	875.0 J/kg·°C
Relative Permeability	1.0
Resistivity	5.7×10^{-8} Ohm·m

Table A2.2. Alternating Stress

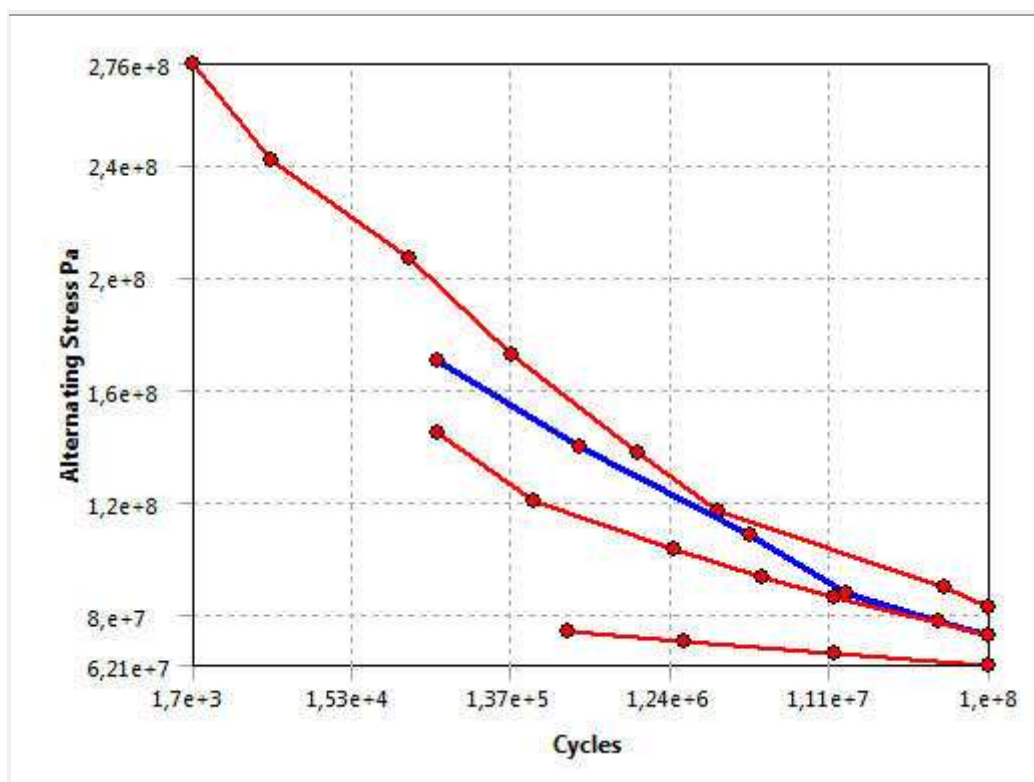


Mean Value -1.0

Table A2.3. "Alternating Stress"

Cycles	Alternating Stress
1,700.0	2.76×10 ⁸ Pa
5,000.0	2.41×10 ⁸ Pa
34,000.0	2.07×10 ⁸ Pa
140,000.0	1.72×10 ⁸ Pa
800,000.0	1.38×10 ⁸ Pa
2.4×10 ⁶	1.17×10 ⁸ Pa
5.5×10 ⁷	8.96×10 ⁷ Pa
1.0×10 ⁸	8.27×10 ⁷ Pa

Table A2.4. Alternating Stress

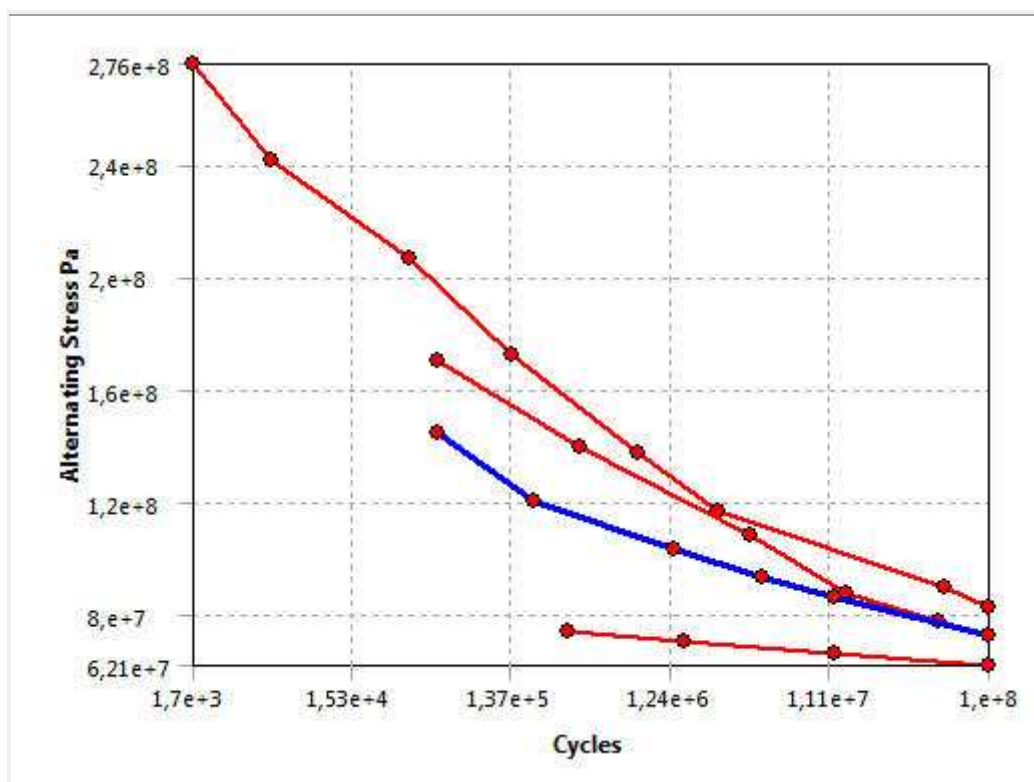


Mean Value -0.5

Table A2.5. "Alternating Stress"

Cycles	Alternating Stress
50,000.0	1.71×10 ⁸ Pa
350,000.0	1.4×10 ⁸ Pa
3.7×10 ⁶	1.09×10 ⁸ Pa
1.4×10 ⁷	8.79×10 ⁷ Pa
5.0×10 ⁷	7.76×10 ⁷ Pa
1.0×10 ⁸	7.24×10 ⁷ Pa

Table A2.6. Alternating Stress

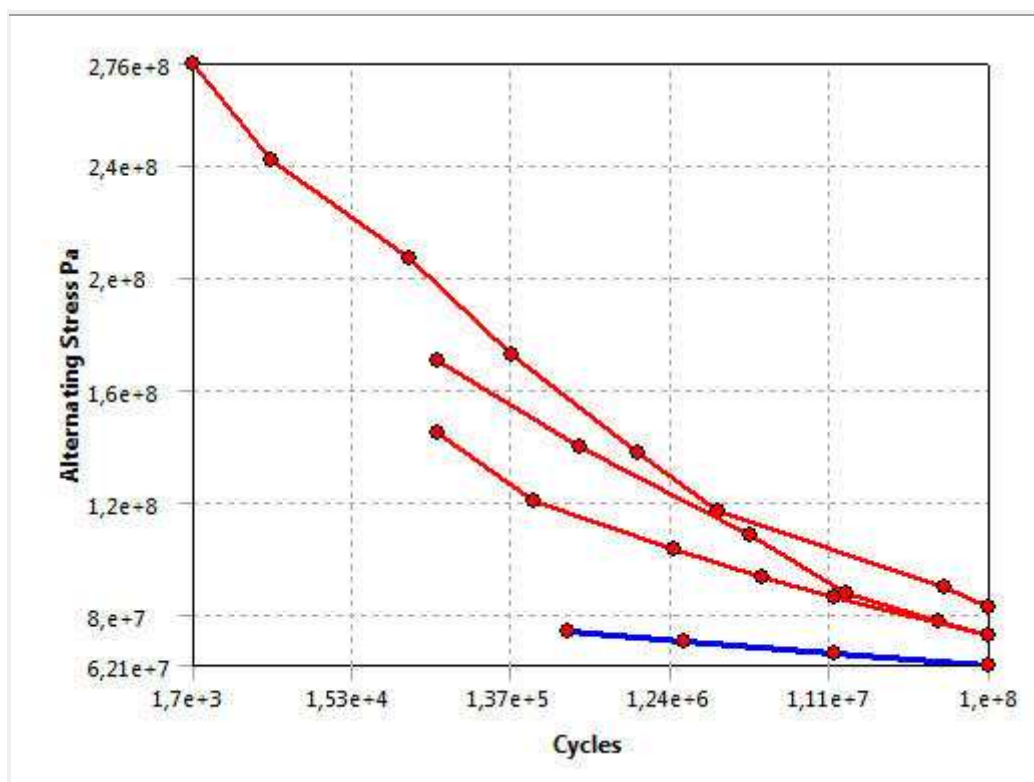


Mean Value 0.0

Table A2.7. "Alternating Stress"

Cycles	Alternating Stress
50,000.0	1.45×10^8 Pa
190,000.0	1.21×10^8 Pa
1.3×10^6	1.03×10^8 Pa
4.4×10^6	9.31×10^7 Pa
1.2×10^7	8.62×10^7 Pa
1.0×10^8	7.24×10^7 Pa

Table A2.8. Alternating Stress



Mean Value 0.5

Table A2.9. "Alternating Stress"

Cycles	Alternating Stress
300,000.0	7.41×10^7 Pa
1.5×10^6	7.07×10^7 Pa
1.2×10^7	6.64×10^7 Pa
1.0×10^8	6.2×10^7 Pa

Table A2.10. Thermal Conductivity

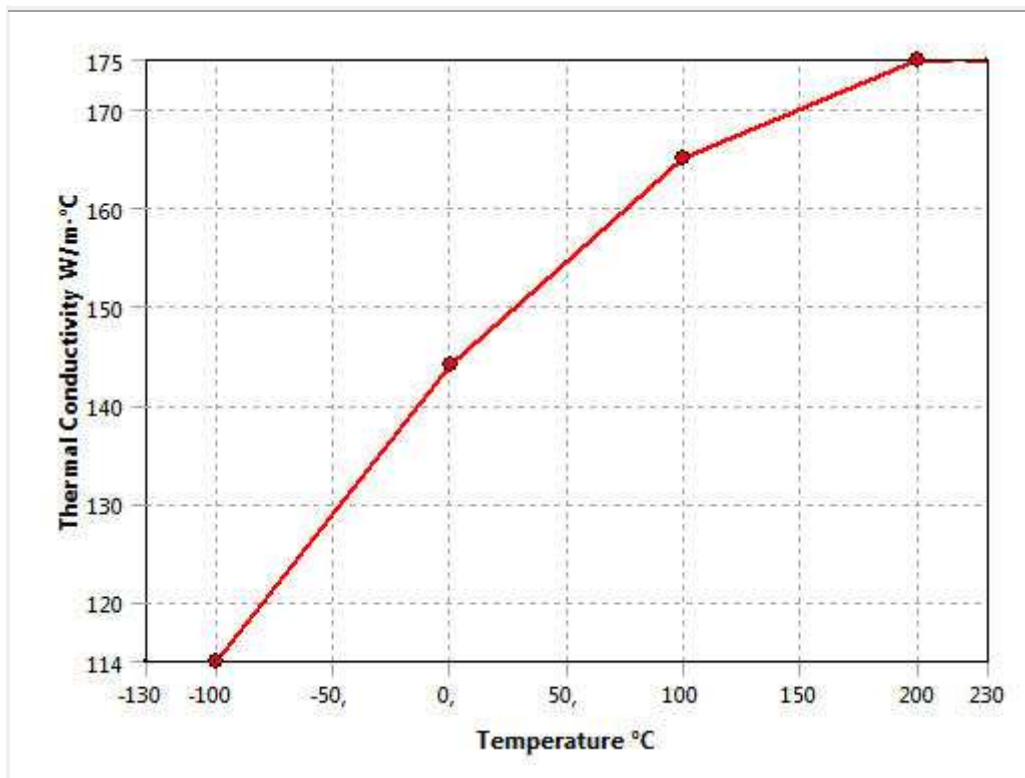


Table A2.11. "Thermal Conductivity"

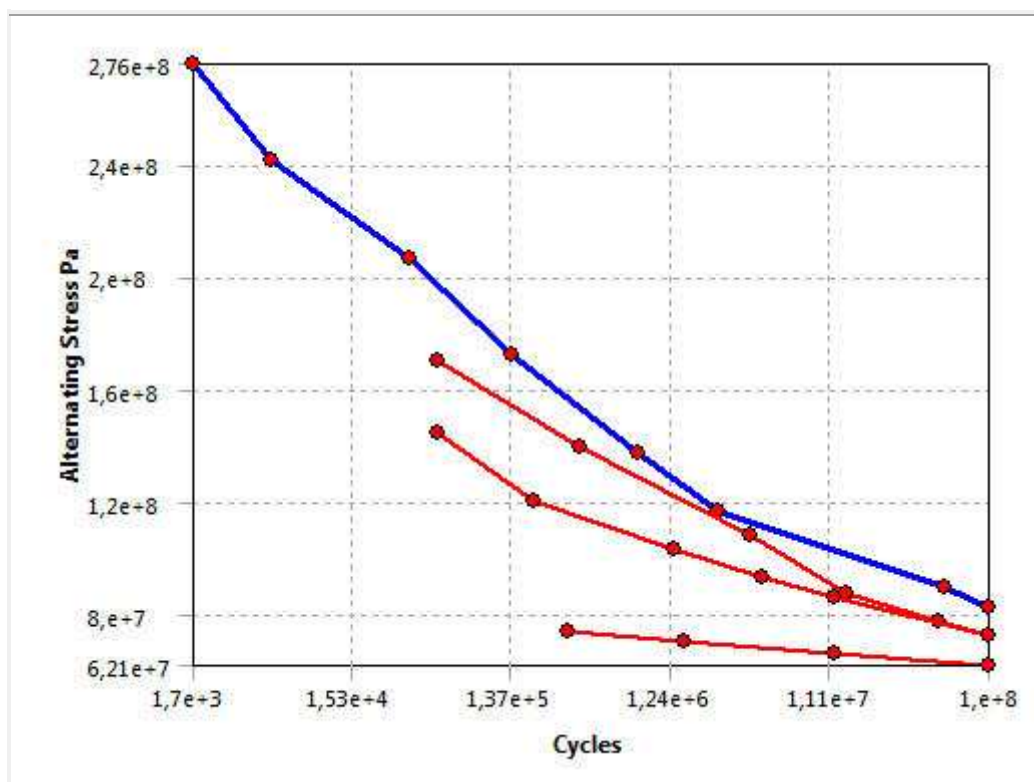
Temperature °C	Thermal Conductivity W/m·°C
-100.0	114.0
0.0	144.0
100.0	165.0
200.0	175.0

A3. Definition of "Aluminio 6061-T6"

Table A3.1. "Aluminio 6061-T6" Constant Properties

Name	Value
Compressive Ultimate Strength	0.0 Pa
Compressive Yield Strength	2.7×10^8 Pa
Density	2,700.0 kg/m ³
Poisson's Ratio	0.33
Tensile Yield Strength	2.7×10^8 Pa
Tensile Ultimate Strength	3.1×10^8 Pa
Young's Modulus	7.0×10^{10} Pa
Thermal Expansion	2.3×10^{-5} 1/°C
Specific Heat	875.0 J/kg·°C
Relative Permeability	1.0
Resistivity	5.7×10^{-8} Ohm·m

Table A3.2. Alternating Stress

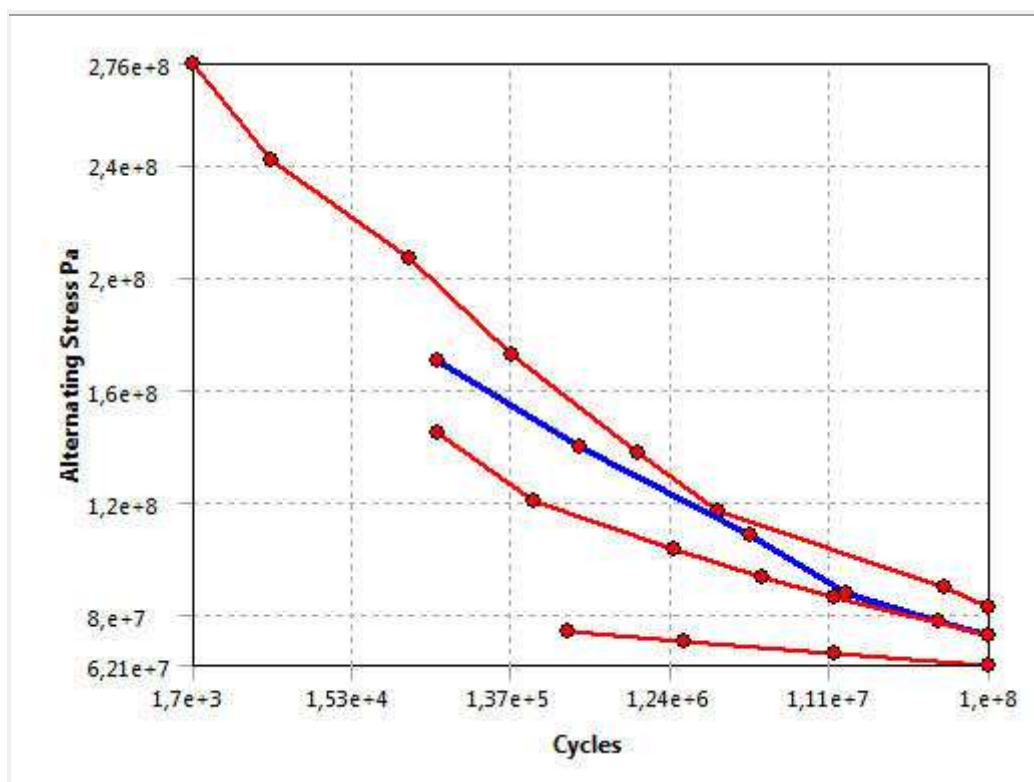


Mean Value -1.0

Table A3.3. "Alternating Stress"

Cycles	Alternating Stress
1,700.0	2.76×10 ⁸ Pa
5,000.0	2.41×10 ⁸ Pa
34,000.0	2.07×10 ⁸ Pa
140,000.0	1.72×10 ⁸ Pa
800,000.0	1.38×10 ⁸ Pa
2.4×10 ⁶	1.17×10 ⁸ Pa
5.5×10 ⁷	8.96×10 ⁷ Pa
1.0×10 ⁸	8.27×10 ⁷ Pa

Table A3.4. Alternating Stress

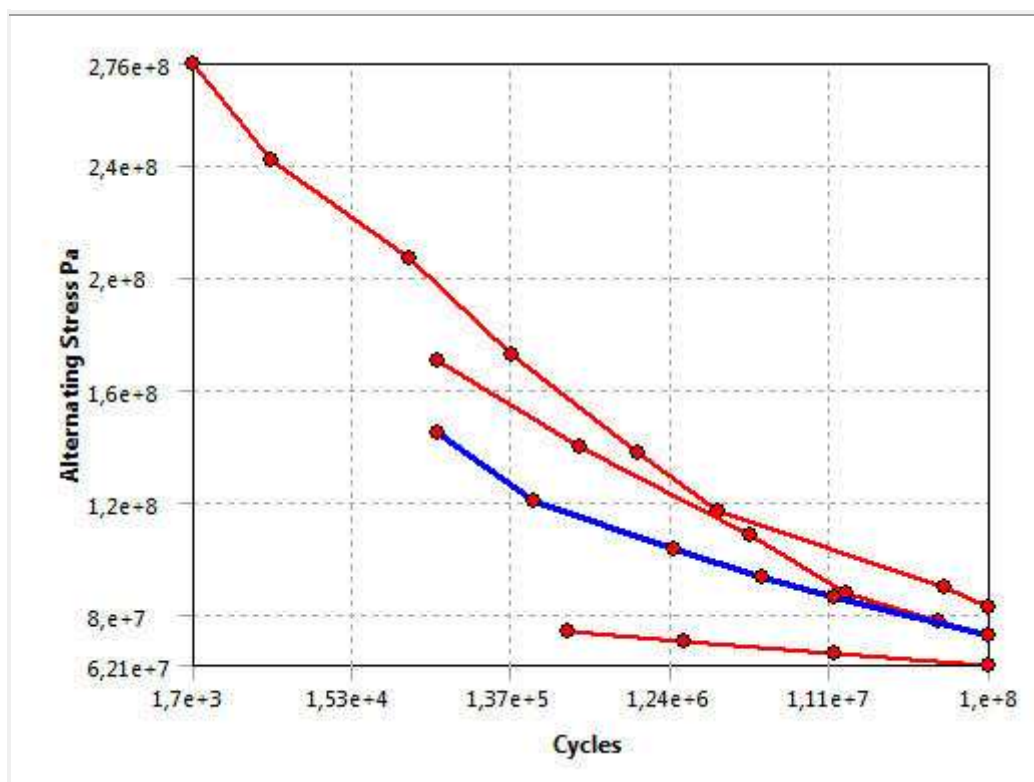


Mean Value -0.5

Table A3.5. "Alternating Stress"

Cycles	Alternating Stress
50,000.0	1.71×10 ⁸ Pa
350,000.0	1.4×10 ⁸ Pa
3.7×10 ⁶	1.09×10 ⁸ Pa
1.4×10 ⁷	8.79×10 ⁷ Pa
5.0×10 ⁷	7.76×10 ⁷ Pa
1.0×10 ⁸	7.24×10 ⁷ Pa

Table A3.6. Alternating Stress

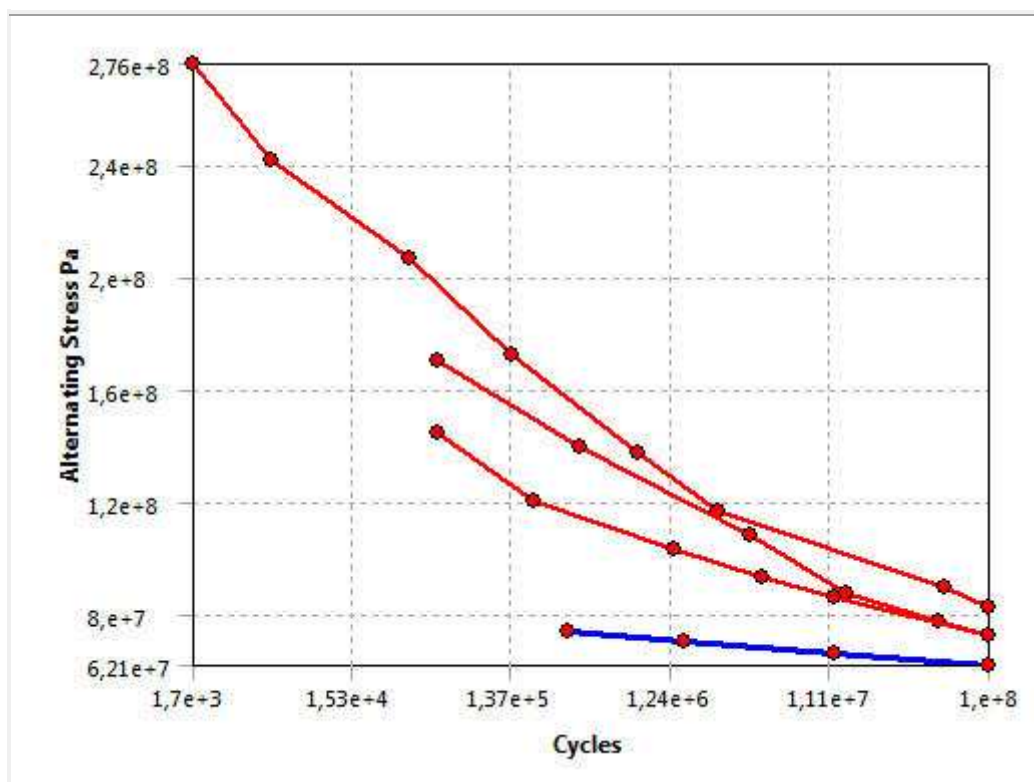


Mean Value 0.0

Table A3.7. "Alternating Stress"

Cycles	Alternating Stress
50,000.0	1.45×10 ⁸ Pa
190,000.0	1.21×10 ⁸ Pa
1.3×10 ⁶	1.03×10 ⁸ Pa
4.4×10 ⁶	9.31×10 ⁷ Pa
1.2×10 ⁷	8.62×10 ⁷ Pa
1.0×10 ⁸	7.24×10 ⁷ Pa

Table A3.8. Alternating Stress



Mean Value 0.5

Table A3.9. "Alternating Stress"

Cycles	Alternating Stress
300,000.0	7.41×10^7 Pa
1.5×10^6	7.07×10^7 Pa
1.2×10^7	6.64×10^7 Pa
1.0×10^8	6.2×10^7 Pa

Table A3.10. Thermal Conductivity

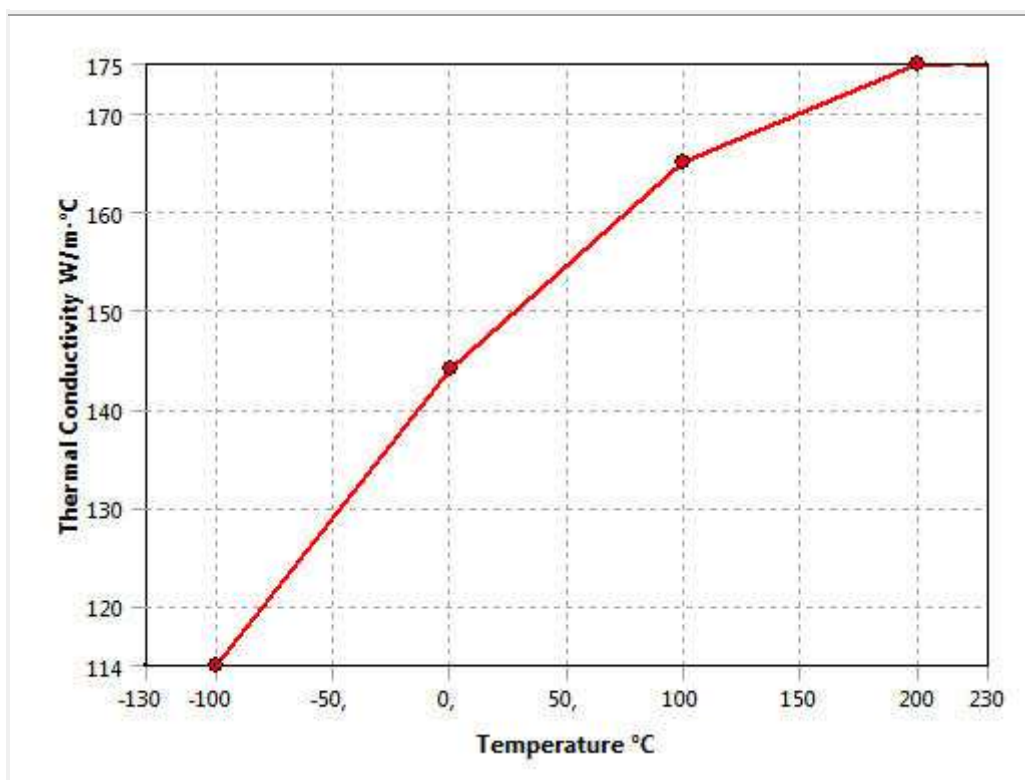


Table A3.11. "Thermal Conductivity"

Temperature °C	Thermal Conductivity W/m·°C
-100.0	114.0
0.0	144.0
100.0	165.0
200.0	175.0

A4. Distributing This Report

The following table lists the files that you need to include for posting this report to an Internet or Intranet web server or for moving this report to a different location. Store all files in the same folder as the HTML page.

This report was originally generated in the folder "C:\Users\Javier\AppData\Roaming\Ansys\lv100\".

Table A4.1. Files Included In This Report	
File Name	Description
"DSReport.htm"	This HTML page.
"StyleSheet.css"	The Cascading Style Sheet used to format the HTML page.
"AnsCompanyLogo.gif"	The ANSYS image displayed at the top of the title page.
"Table0001.jpg"	Table A2.2. "Alternating Stress" Alternating Stress
"Table0002.jpg"	Table A2.4. "Alternating Stress" Alternating Stress
"Table0003.jpg"	Table A2.6. "Alternating Stress" Alternating Stress
"Table0004.jpg"	Table A2.8. "Alternating Stress" Alternating Stress
"Table0005.jpg"	Table A2.10. "Thermal Conductivity" Thermal Conductivity
"Table0006.jpg"	Table A3.2. "Alternating Stress" Alternating Stress
"Table0007.jpg"	Table A3.4. "Alternating Stress" Alternating Stress
"Table0008.jpg"	Table A3.6. "Alternating Stress" Alternating Stress
"Table0009.jpg"	Table A3.8. "Alternating Stress" Alternating Stress
"Table0010.jpg"	Table A3.10. "Thermal Conductivity" Thermal Conductivity

4.3 Informe ensayo fibra de carbono



Project

Author

Javier Garcia Romeo

Subject

Proyecto final de carrera

Prepared For

Diseño de un cuadro de bicicleta de montaña

Project Created

Wednesday, June 09, 2010 at 5:02:26 PM

Project Last Modified

Wednesday, June 09, 2010 at 6:57:08 PM

Report Created

Monday, July 05, 2010 at 7:00:46 PM

Software Used

[ANSYS 10.0](#)

Database

C:\Users\Javier\Documents\Universidad\PFC\Ensayos con Ansys\Ensayo 2.dsdb

1. Summary

This report documents design and analysis information created and maintained using the ANSYS® engineering software program. Each scenario listed below represents one complete engineering simulation.

Scenario 1

- Based on the DesignModeler assembly ["C:\Users\Javier\Documents\Universidad\PFCEnsayos con Ansys\Ensayo 1.agdb"](#).
 - Considered the effect of [body-to-body contact](#), [structural loads](#) and [structural supports](#).
 - Calculated safety factors and margins based on [maximum equivalent stress](#) and [maximum shear stress](#) along with [structural](#) results.
 - No [convergence criteria](#) defined.
 - No [alert criteria](#) defined.
 - See [Scenario 1](#) below for supporting details and [Appendix A1](#) for corresponding figures.
-

2. Introduction

The ANSYS CAE (Computer-Aided Engineering) software program was used in conjunction with 3D CAD (Computer-Aided Design) solid geometry to simulate the behavior of mechanical bodies under thermal/structural loading conditions. ANSYS automated FEA (Finite Element Analysis) technologies from [ANSYS, Inc.](#) to generate the results listed in this report.

Each scenario presented below represents one complete engineering simulation. The definition of a simulation includes known factors about a design such as material properties per body, contact behavior between bodies (in an assembly), and types and magnitudes of loading conditions. The results of a simulation provide insight into how the bodies may perform and how the design might be improved. Multiple scenarios allow comparison of results given different loading conditions, materials or geometric configurations.

Convergence and alert criteria may be defined for any of the results and can serve as guides for evaluating the quality of calculated results and the acceptability of values in the context of known design requirements.

- *Solution history* provides a means of assessing the quality of results by examining how values change during successive iterations of solution refinement. *Convergence criteria* sets a specific limit on the allowable change in a result between iterations. A result meeting this criteria is said to be "converged".
- *Alert criteria* define "allowable" ranges for result values. Alert ranges typically represent known aspects of the design specification.

All values are presented in the "SI Metric (m, kg, N, °C, s, V, A)" unit system.

Notice

Do not accept or reject a design based solely on the data presented in this report. Evaluate designs by considering this information in conjunction with experimental test data and the practical experience of design engineers and analysts. A quality approach to engineering design usually mandates physical testing as the final means of validating structural integrity to a measured precision.

3. Scenario 1

3.1. "Model"

"Model" obtains geometry from the DesignModeler assembly "C:\Users\Javier\Documents\Universidad\PFC\Ensayos con Ansys\Ensayo 1.agdb".

- The bounding box for all positioned bodies in the model measures 0.95 by 0.16 by 0.57 m along the global x, y and z axes, respectively.
- The model has a total mass of 4.76 kg.
- The model has a total volume of $2.92 \times 10^{-3} \text{ m}^3$.

Table 3.1.1. Bodies							
Name	Material	Nonlinear Material Effects	Bounding Box(m)	Mass (kg)	Volume (m ³)	Nodes	Elements
"Solid"	"Aluminio 7005-T6"	Yes	3.96×10^{-2} , 2.0×10^{-2} , 3.33×10^{-2}	1.32×10^{-2}	4.72×10^{-6}	1905	893
"Surface Body"	"Fibra de Carbono Resinas Castro"	Yes	0.45, 0.16, 9.7×10^{-2}	1.73	1.08×10^{-3}	8324	8478
"Solid"	"Fibra de Carbono Resinas Castro"	Yes	0.62, 7.3×10^{-2} , 0.57	2.7	1.69×10^{-3}	35214	17543
"Solid"	"Aluminio 7005-T6"	Yes	3.86×10^{-2} , 2.0×10^{-2} , 3.51×10^{-2}	1.32×10^{-2}	4.72×10^{-6}	1963	937
"Solid"	"Fibra de Carbono Resinas Castro"	Yes	0.31, 5.4×10^{-2} , 0.24	5.19×10^{-2}	3.24×10^{-5}	8802	4303
"Solid"	"Fibra de Carbono Resinas Castro"	Yes	0.31, 0.06, 0.23	5.19×10^{-2}	3.24×10^{-5}	8918	4377
"Solid"	"Aluminio 7005-T6"	Yes	4.74×10^{-2} , 2.0×10^{-2} , 4.21×10^{-2}	2.35×10^{-2}	8.39×10^{-6}	1899	1010
"Solid"	"Aluminio 7005-T6"	Yes	4.89×10^{-2} , 2.0×10^{-2} , 3.97×10^{-2}	2.35×10^{-2}	8.39×10^{-6}	1709	883
"Solid"	"Aluminio 6061-T6"	Yes	5.15×10^{-2} , 5.5×10^{-2} , 0.1	0.13	4.87×10^{-5}	8190	4570
"Solid"	"Aluminio 7005-T6"	Yes	4.07×10^{-2} , 2.0×10^{-2} , 3.7×10^{-2}	1.36×10^{-2}	4.86×10^{-6}	2125	1161
"Solid"	"Aluminio 7005-T6"	Yes	4.07×10^{-2} , 2.0×10^{-2} , 3.7×10^{-2}	1.36×10^{-2}	4.86×10^{-6}	2043	1097

Table 3.1.2. Surface Bodies		
Name	Thickness (m)	Surface Area (m ²)
"Surface Body"	0.01	0.11

3.1.1. Contact

- "Contact" uses a tolerance of 0.0 for automatic detection.

Table 3.1.1.1. Contact Conditions										
Name	Type	Associated Bodies	Scope	Normal Stiffness	Scope Mode	Behavior	Update Stiffness	Formulation	Thermal Conductance	Pinball Region

"Contact Region 1"	Bonded	"Solid" and "Solid"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 2"	Bonded	"Solid" and "Solid"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 3"	Bonded	"Surface Body" and "Solid"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 4"	Bonded	"Surface Body" and "Solid"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 5"	Bonded	"Surface Body" and "Solid"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 6"	Bonded	"Solid" and "Solid"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 7"	Bonded	"Solid" and "Solid"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 8"	Bonded	"Solid" and "Solid"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 9"	Bonded	"Solid" and "Solid"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 10"	Bonded	"Solid" and "Solid"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 11"	Bonded	"Solid" and "Solid"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 12"	Bonded	"Solid" and "Solid"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled

3.1.2. Mesh

- "Mesh", associated with "Model" has an overall relevance of 0.
- "Mesh" contains 81092 nodes and 45252 elements.

No mesh controls specified.

3.2. "Environment"

Simulation Type is set to Static

Analysis Type is set to Static Structural

"Environment" contains all loading conditions defined for "Model" in this scenario.

3.2.1. Structural Loading

Table 3.2.1.1. Structural Loads									
Name	Type	Magnitude	Vector	Reaction Force	Reaction Force Vector	Reaction Moment	Reaction Moment Vector	Location	Associated Bodies
"Force"	Surface Force	1,000.0 N	[0.0 N x, 0.0 N y, -1,000.0 N z]	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	"Solid"
"Remote Force"	Remote Force	200.0 N	[0.0 N x, 0.0 N y, -200.0 N z]	N/A	N/A	N/A	N/A	[0.17 m x, -0.08 m y, 0.0 m z]	"Solid"
"Remote Force 2"	Remote Force	200.0 N	[0.0 N x, 0.0 N y, -200.0 N z]	N/A	N/A	N/A	N/A	[-0.17 m x, 0.08 m y, 0.0 m z]	"Solid"

3.2.2. Structural Supports

Table 3.2.2.1. Structural Supports						
Name	Type	Reaction Force	Reaction Force Vector	Reaction Moment	Reaction Moment Vector	Associated Bodies
"Fixed Support"	Fixed Surface	785.13 N	[-782.12 N x, 68.54 N y, 4.49 N z]	3.64 N·m	[-0.05 N·m x, -2.26 N·m y, 2.85 N·m z]	"Surface Body"
"Fixed Support 2"	Fixed Surface	787.51 N	[-784.57 N x, -67.69 N y, 6.21 N z]	4.04 N·m	[9.7×10 ⁻² N·m x, -1.74 N·m y, -3.65 N·m z]	"Surface Body"
"Fixed Support 3"	Fixed Surface	2,094.64 N	[1,565.34 N x, -1.42 N y, 1,391.84 N z]	78.29 N·m	[-0.63 N·m x, 78.28 N·m y, -0.55 N·m z]	"Solid"

NOTE: If a body contains two or more supports that share an edge or vertex, use caution in evaluating the listed reaction forces at those supports. Calculation of reaction forces includes the forces acting along bounding edges and vertices. When supports share edges or vertices the global summation of forces may not appear to balance.

3.3. "Solution"

Solver Type is set to Program Controlled

Weak Springs is set to Program Controlled

Large Deflection is set to Off

"Solution" contains the calculated response for "Model" given loading conditions defined in "Environment".

- Thermal expansion calculations use a constant reference temperature of 22.0 °C for all bodies in "Model". Theoretically, at a uniform temperature of 22.0 °C no strain results from thermal expansion or contraction.

3.3.1. Structural Results

Table 3.3.1.1. Values						
Name	Scope	Minimum	Maximum	Minimum Occurs On	Maximum Occurs On	Alert Criteria
"Equivalent Stress"	All Bodies In "Model"	0.0 Pa	1.34×10 ⁷ Pa	Surface Body	Solid	None
"Maximum Shear Stress"	All Bodies In "Model"	0.0 Pa	7.68×10 ⁶ Pa	Surface Body	Solid	None
"Total Deformation"	All Bodies In "Model"	0.0 m	4.37×10 ⁻⁵ m	Surface Body	Solid	None

- Convergence tracking not enabled.

3.3.2. Equivalent Stress Safety

Table 3.3.2.1. Definition				
Name	Stress Limit			
"Stress Tool"	Yield strength per material.			

Table 3.3.2.2. Results				
Name	Scope	Type	Minimum	Alert Criteria
"Stress Tool"	All Bodies In "Model"	Safety Factor	15.0	None
"Stress Tool"	All Bodies In "Model"	Safety Margin	14.0	None

- Convergence tracking not enabled.

3.3.3. Shear Stress Safety

Table 3.3.3.1. Definition		
Name	Shear Limit	Shear Factor
"Stress Tool 2"	Yield strength per material.	0.5

Table 3.3.3.2. Results				
Name	Scope	Type	Minimum	Alert Criteria
"Stress Tool 2"	All Bodies In "Model"	Safety Factor	15.0	None
"Stress Tool 2"	All Bodies In "Model"	Safety Margin	14.0	None

- Convergence tracking not enabled.

Appendices

A1. Scenario 1 Figures

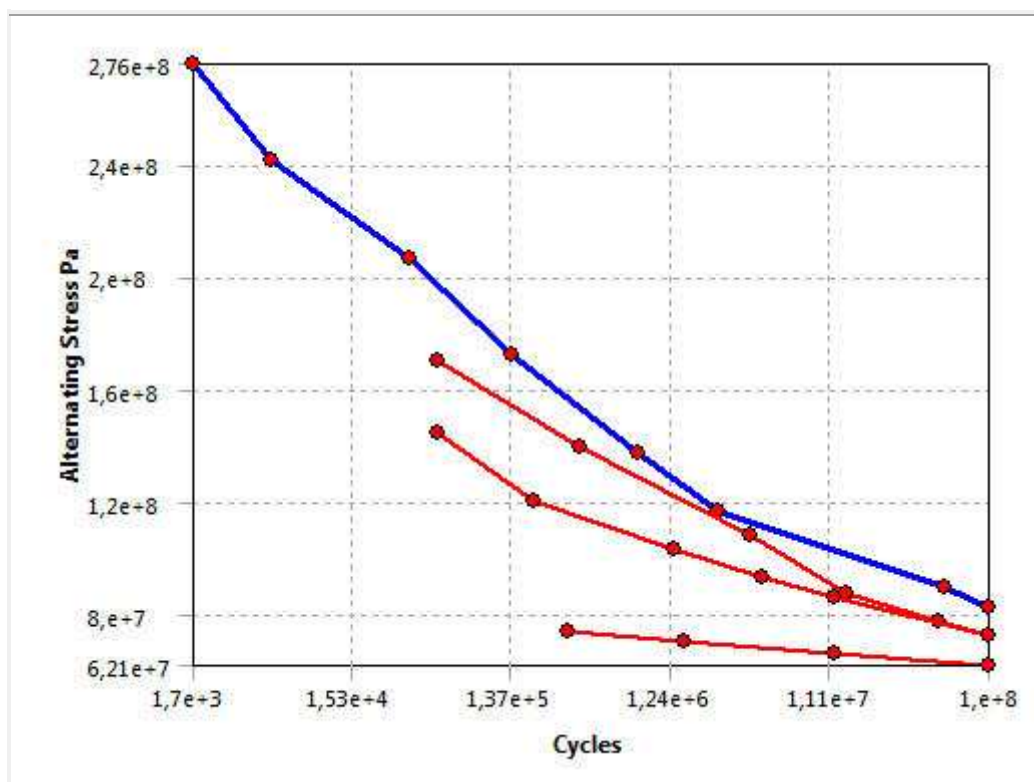
No figures to display.

A2. Definition of "Aluminio 7005-T6"

Table A2.1. "Aluminio 7005-T6" Constant Properties

Name	Value
Compressive Ultimate Strength	0.0 Pa
Compressive Yield Strength	4.8×10^8 Pa
Density	2,800.0 kg/m ³
Poisson's Ratio	0.33
Tensile Yield Strength	4.8×10^8 Pa
Tensile Ultimate Strength	5.5×10^8 Pa
Young's Modulus	7.2×10^{10} Pa
Thermal Expansion	2.3×10^{-5} 1/°C
Specific Heat	875.0 J/kg·°C
Relative Permeability	1.0
Resistivity	5.7×10^{-8} Ohm·m

Table A2.2. Alternating Stress

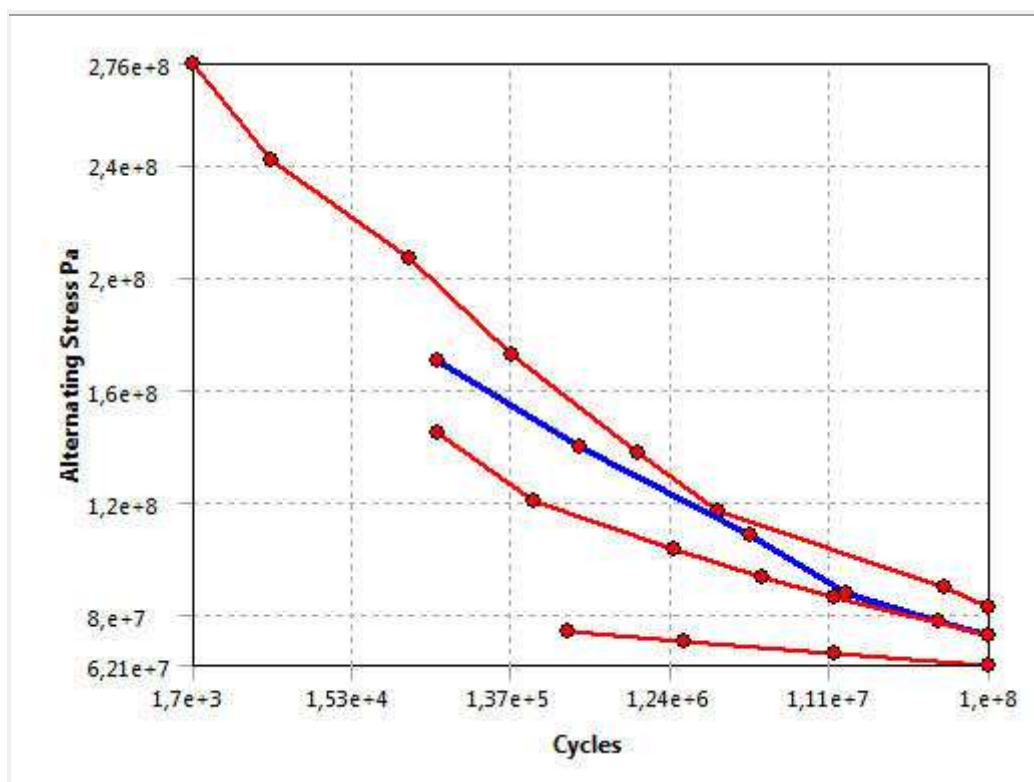


Mean Value -1.0

Table A2.3. "Alternating Stress"

Cycles	Alternating Stress
1,700.0	2.76×10 ⁸ Pa
5,000.0	2.41×10 ⁸ Pa
34,000.0	2.07×10 ⁸ Pa
140,000.0	1.72×10 ⁸ Pa
800,000.0	1.38×10 ⁸ Pa
2.4×10 ⁶	1.17×10 ⁸ Pa
5.5×10 ⁷	8.96×10 ⁷ Pa
1.0×10 ⁸	8.27×10 ⁷ Pa

Table A2.4. Alternating Stress

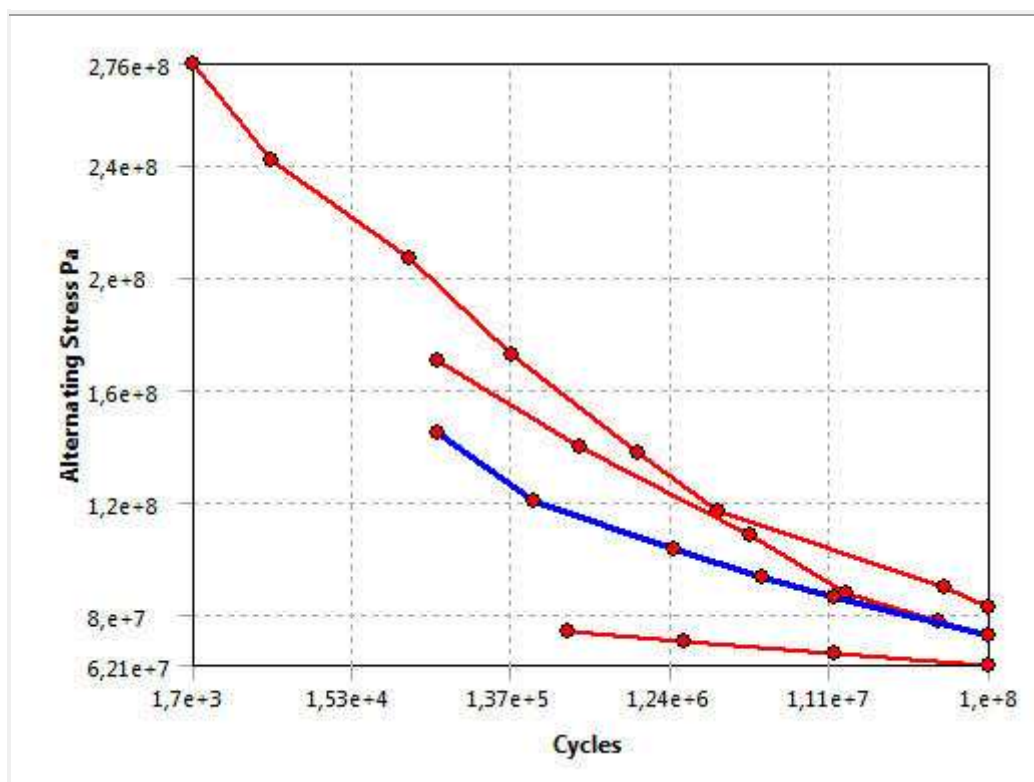


Mean Value -0.5

Table A2.5. "Alternating Stress"

Cycles	Alternating Stress
50,000.0	1.71×10^8 Pa
350,000.0	1.4×10^8 Pa
3.7×10^6	1.09×10^8 Pa
1.4×10^7	8.79×10^7 Pa
5.0×10^7	7.76×10^7 Pa
1.0×10^8	7.24×10^7 Pa

Table A2.6. Alternating Stress

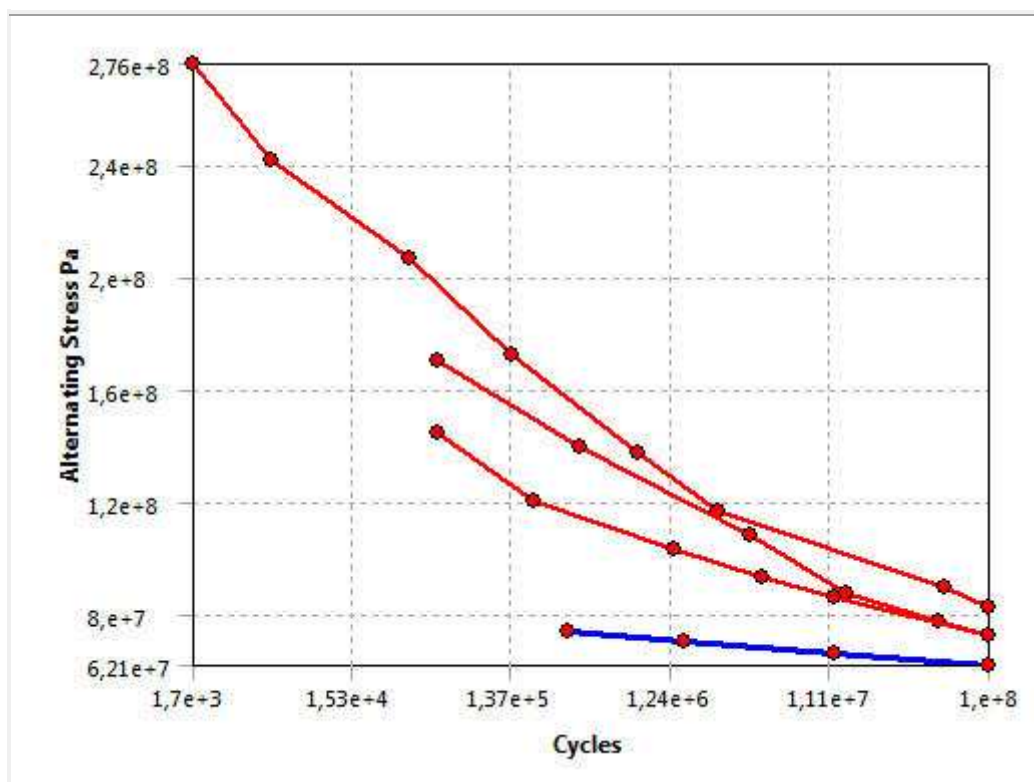


Mean Value 0.0

Table A2.7. "Alternating Stress"

Cycles	Alternating Stress
50,000.0	1.45×10 ⁸ Pa
190,000.0	1.21×10 ⁸ Pa
1.3×10 ⁶	1.03×10 ⁸ Pa
4.4×10 ⁶	9.31×10 ⁷ Pa
1.2×10 ⁷	8.62×10 ⁷ Pa
1.0×10 ⁸	7.24×10 ⁷ Pa

Table A2.8. Alternating Stress



Mean Value 0.5

Table A2.9. "Alternating Stress"

Cycles	Alternating Stress
300,000.0	7.41×10^7 Pa
1.5×10^6	7.07×10^7 Pa
1.2×10^7	6.64×10^7 Pa
1.0×10^8	6.2×10^7 Pa

Table A2.10. Thermal Conductivity

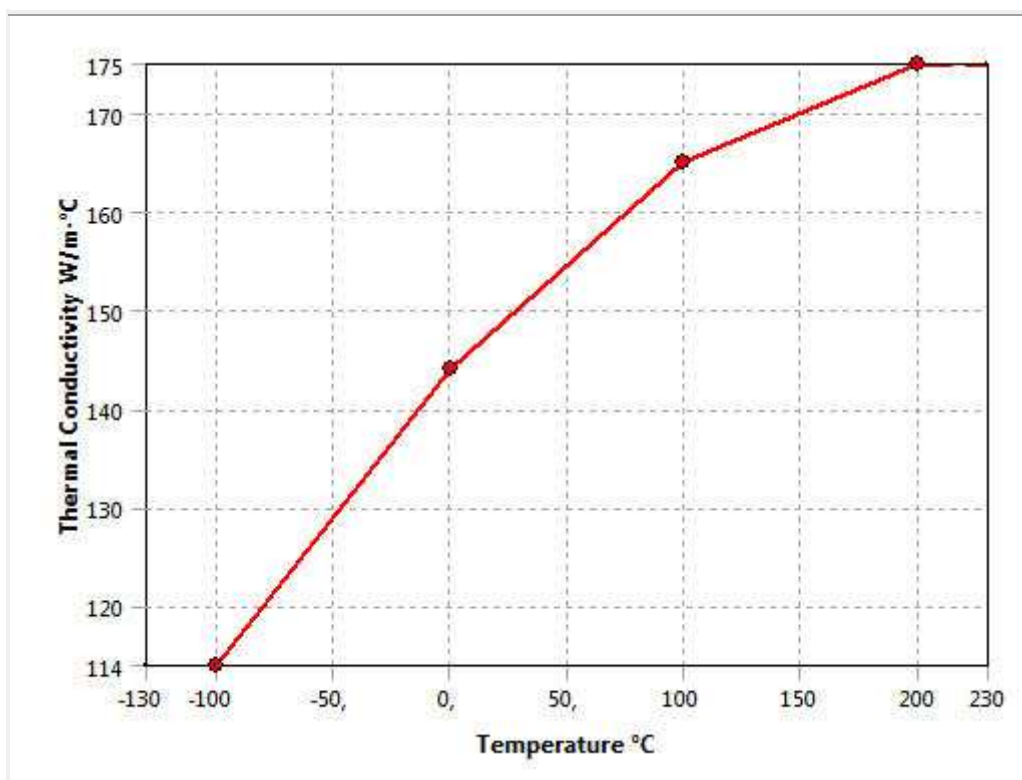


Table A2.11. "Thermal Conductivity"

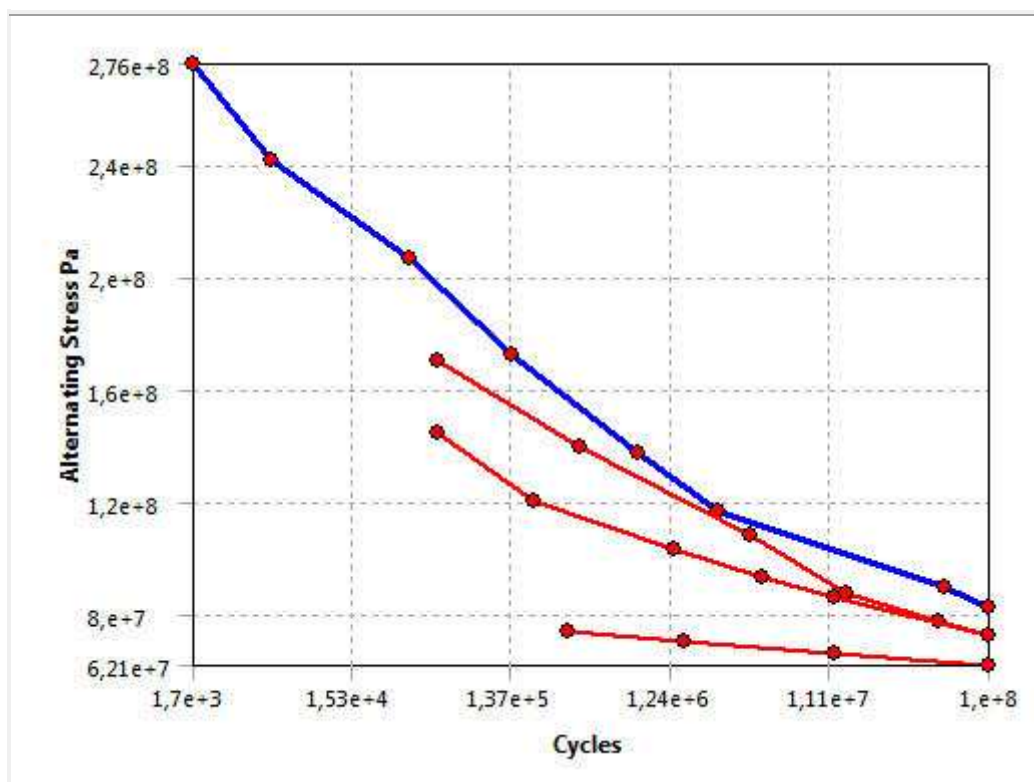
Temperature °C	Thermal Conductivity W/m·°C
-100.0	114.0
0.0	144.0
100.0	165.0
200.0	175.0

A3. Definition of "Fibra de Carbono Resinas Castro"

Table A3.1. "Fibra de Carbono Resinas Castro" Constant Properties

Name	Value
Compressive Ultimate Strength	0.0 Pa
Compressive Yield Strength	2.83×10^9 Pa
Density	1,600.0 kg/m ³
Poisson's Ratio	0.33
Tensile Yield Strength	2.83×10^9 Pa
Tensile Ultimate Strength	2.83×10^9 Pa
Young's Modulus	2.0×10^{11} Pa
Thermal Expansion	2.3×10^{-5} 1/°C
Specific Heat	875.0 J/kg·°C
Relative Permeability	1.0
Resistivity	5.7×10^{-8} Ohm·m

Table A3.2. Alternating Stress

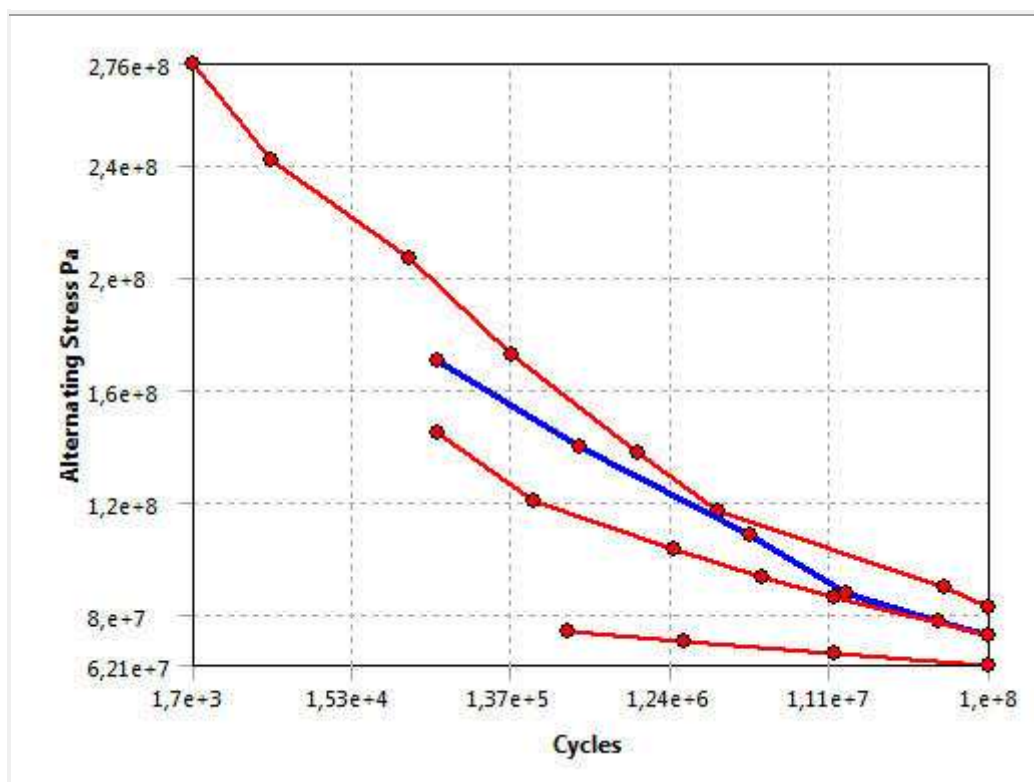


Mean Value -1.0

Table A3.3. "Alternating Stress"

Cycles	Alternating Stress
1,700.0	2.76×10 ⁸ Pa
5,000.0	2.41×10 ⁸ Pa
34,000.0	2.07×10 ⁸ Pa
140,000.0	1.72×10 ⁸ Pa
800,000.0	1.38×10 ⁸ Pa
2.4×10 ⁶	1.17×10 ⁸ Pa
5.5×10 ⁷	8.96×10 ⁷ Pa
1.0×10 ⁸	8.27×10 ⁷ Pa

Table A3.4. Alternating Stress

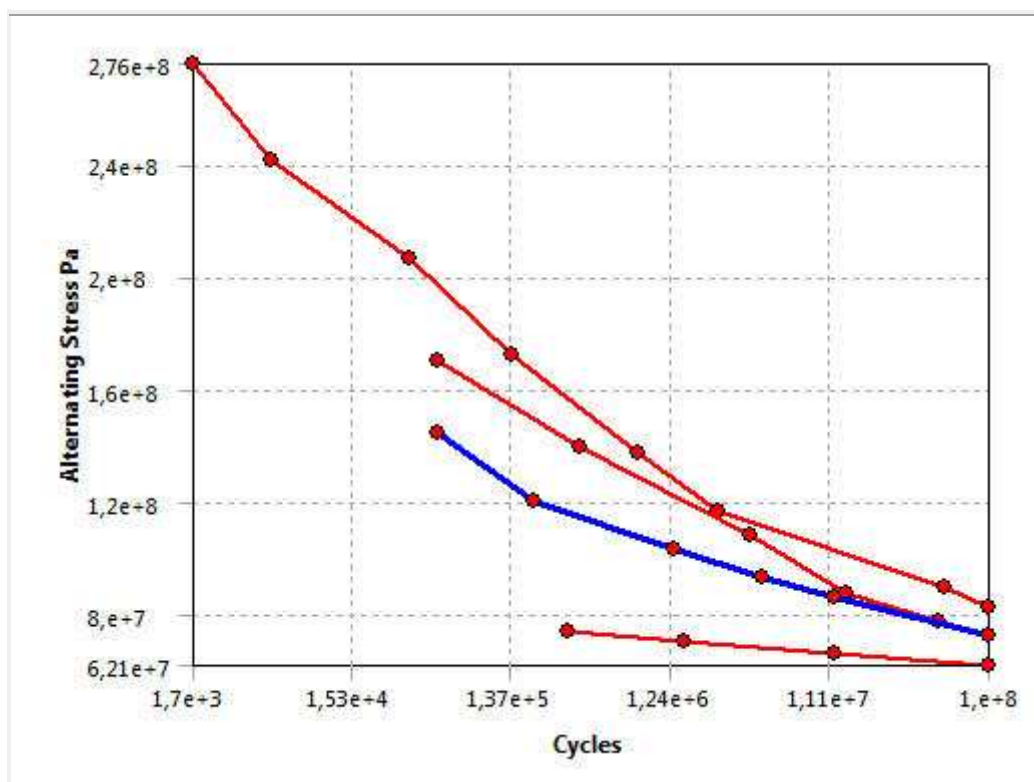


Mean Value -0.5

Table A3.5. "Alternating Stress"

Cycles	Alternating Stress
50,000.0	1.71×10 ⁸ Pa
350,000.0	1.4×10 ⁸ Pa
3.7×10 ⁶	1.09×10 ⁸ Pa
1.4×10 ⁷	8.79×10 ⁷ Pa
5.0×10 ⁷	7.76×10 ⁷ Pa
1.0×10 ⁸	7.24×10 ⁷ Pa

Table A3.6. Alternating Stress

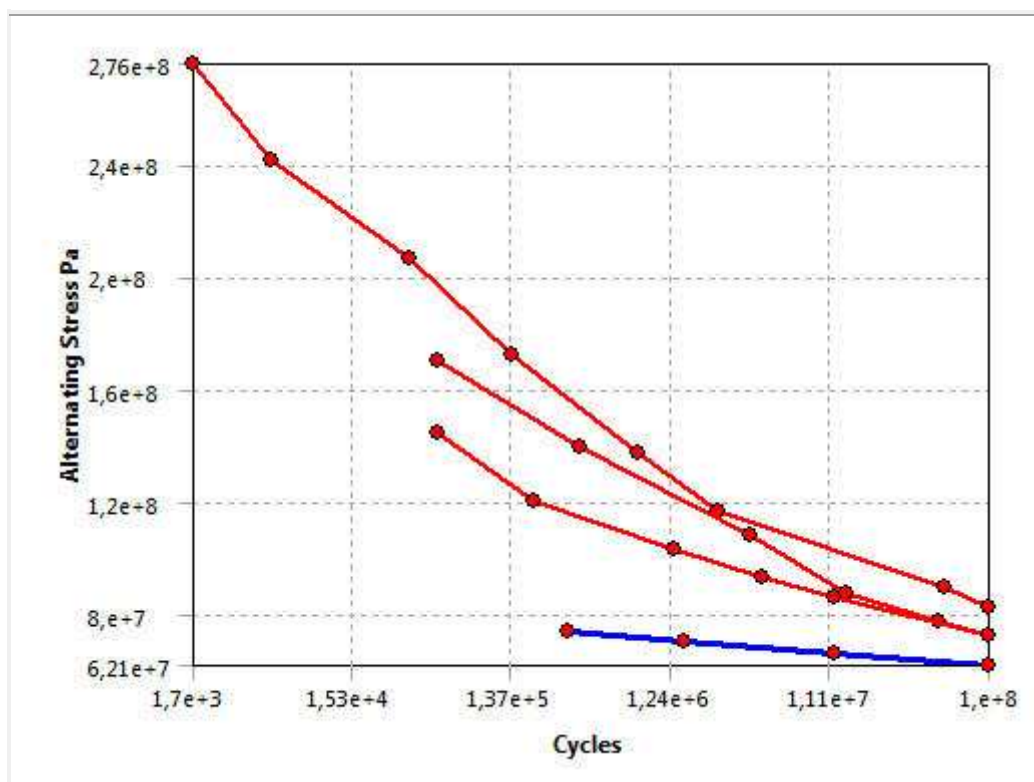


Mean Value 0.0

Table A3.7. "Alternating Stress"

Cycles	Alternating Stress
50,000.0	1.45×10^8 Pa
190,000.0	1.21×10^8 Pa
1.3×10^6	1.03×10^8 Pa
4.4×10^6	9.31×10^7 Pa
1.2×10^7	8.62×10^7 Pa
1.0×10^8	7.24×10^7 Pa

Table A3.8. Alternating Stress



Mean Value 0.5

Table A3.9. "Alternating Stress"

Cycles	Alternating Stress
300,000.0	7.41×10^7 Pa
1.5×10^6	7.07×10^7 Pa
1.2×10^7	6.64×10^7 Pa
1.0×10^8	6.2×10^7 Pa

Table A3.10. Thermal Conductivity

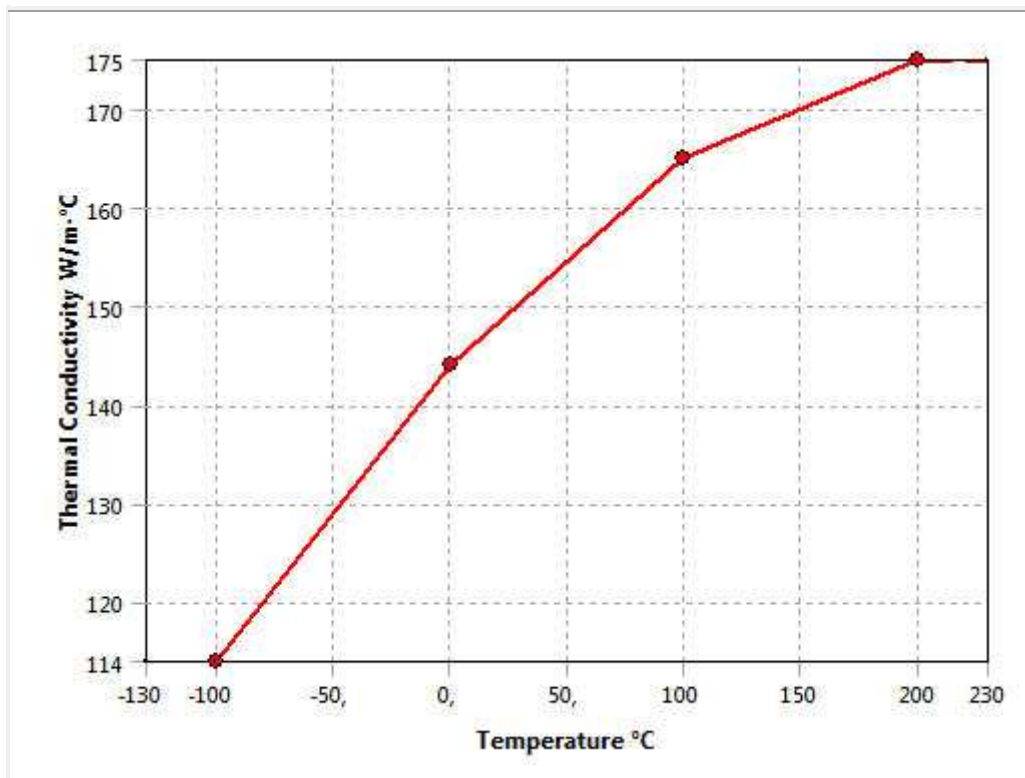


Table A3.11. "Thermal Conductivity"

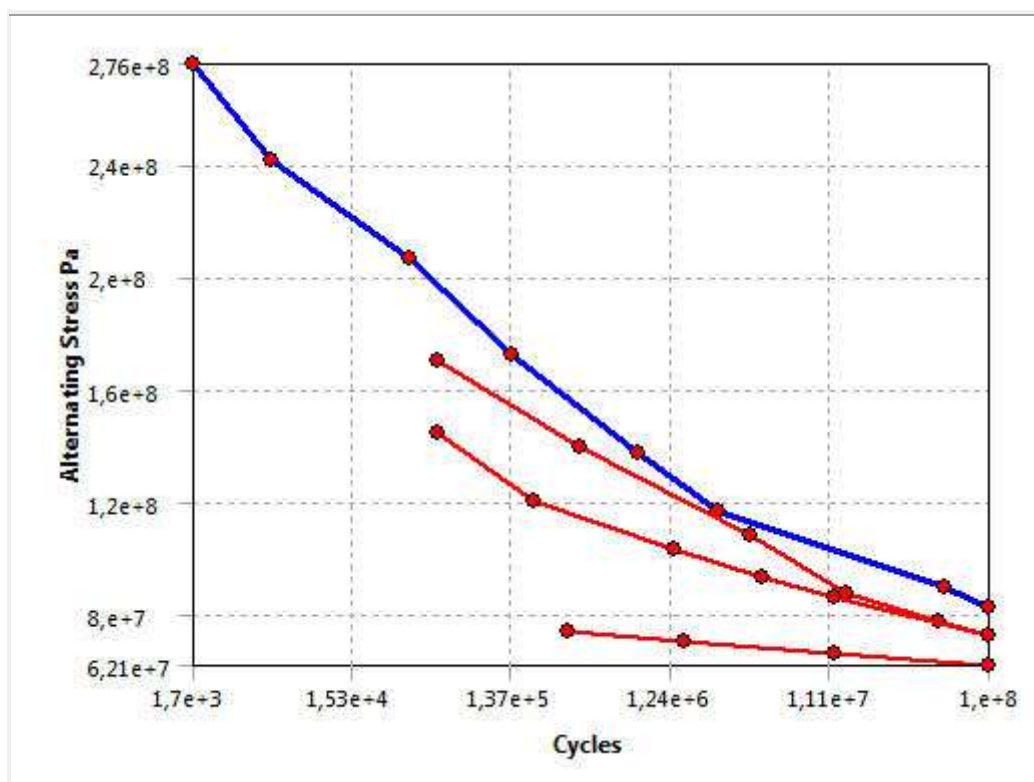
Temperature °C	Thermal Conductivity W/m·°C
-100.0	114.0
0.0	144.0
100.0	165.0
200.0	175.0

A4. Definition of "Aluminio 6061-T6"

Table A4.1. "Aluminio 6061-T6" Constant Properties

Name	Value
Compressive Ultimate Strength	0.0 Pa
Compressive Yield Strength	2.7×10^8 Pa
Density	2,700.0 kg/m ³
Poisson's Ratio	0.33
Tensile Yield Strength	2.7×10^8 Pa
Tensile Ultimate Strength	3.1×10^8 Pa
Young's Modulus	7.0×10^{10} Pa
Thermal Expansion	2.3×10^{-5} 1/°C
Specific Heat	875.0 J/kg·°C
Relative Permeability	1.0
Resistivity	5.7×10^{-8} Ohm·m

Table A4.2. Alternating Stress

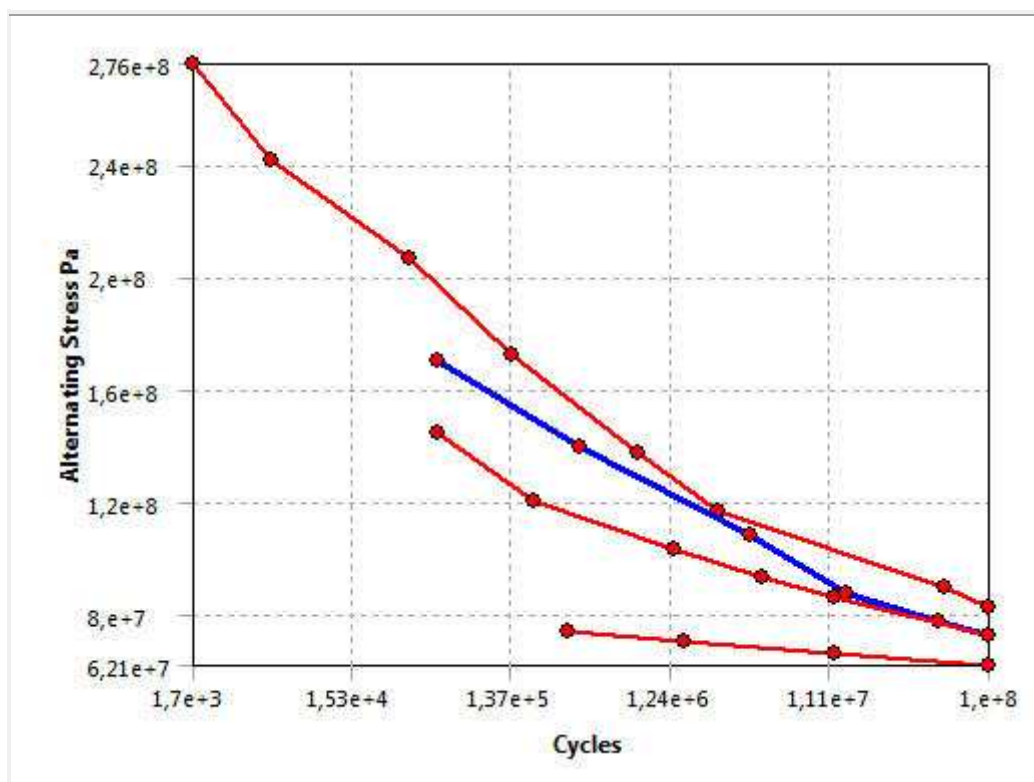


Mean Value -1.0

Table A4.3. "Alternating Stress"

Cycles	Alternating Stress
1,700.0	2.76×10 ⁸ Pa
5,000.0	2.41×10 ⁸ Pa
34,000.0	2.07×10 ⁸ Pa
140,000.0	1.72×10 ⁸ Pa
800,000.0	1.38×10 ⁸ Pa
2.4×10 ⁶	1.17×10 ⁸ Pa
5.5×10 ⁷	8.96×10 ⁷ Pa
1.0×10 ⁸	8.27×10 ⁷ Pa

Table A4.4. Alternating Stress

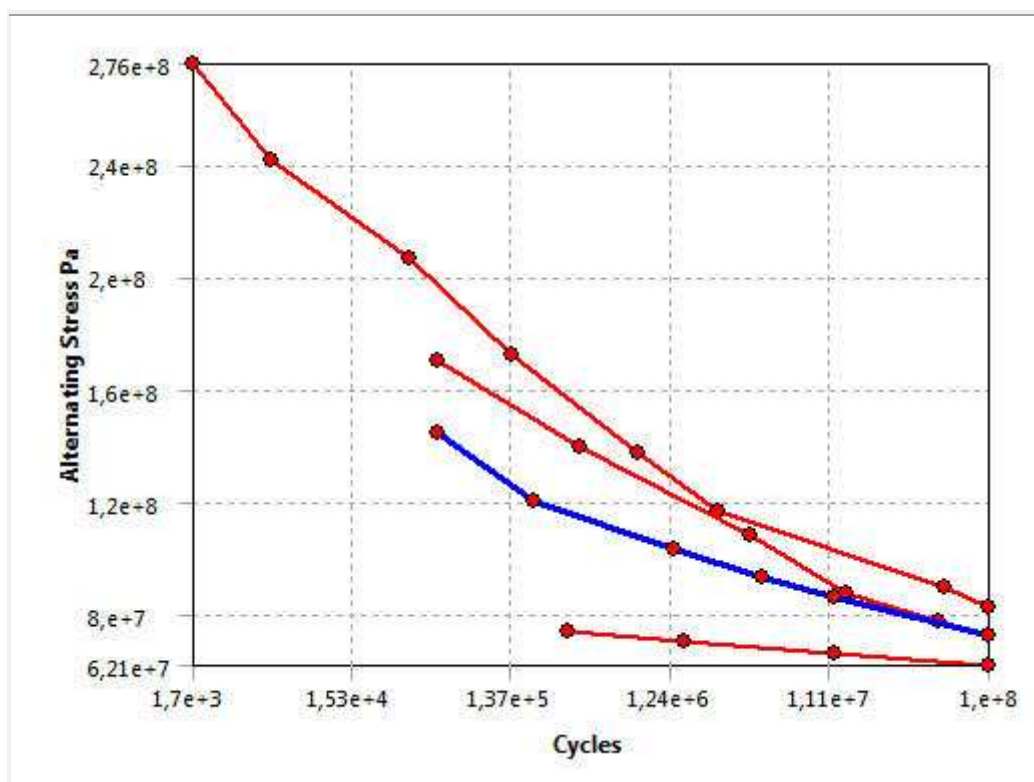


Mean Value -0.5

Table A4.5. "Alternating Stress"

Cycles	Alternating Stress
50,000.0	1.71×10^8 Pa
350,000.0	1.4×10^8 Pa
3.7×10^6	1.09×10^8 Pa
1.4×10^7	8.79×10^7 Pa
5.0×10^7	7.76×10^7 Pa
1.0×10^8	7.24×10^7 Pa

Table A4.6. Alternating Stress

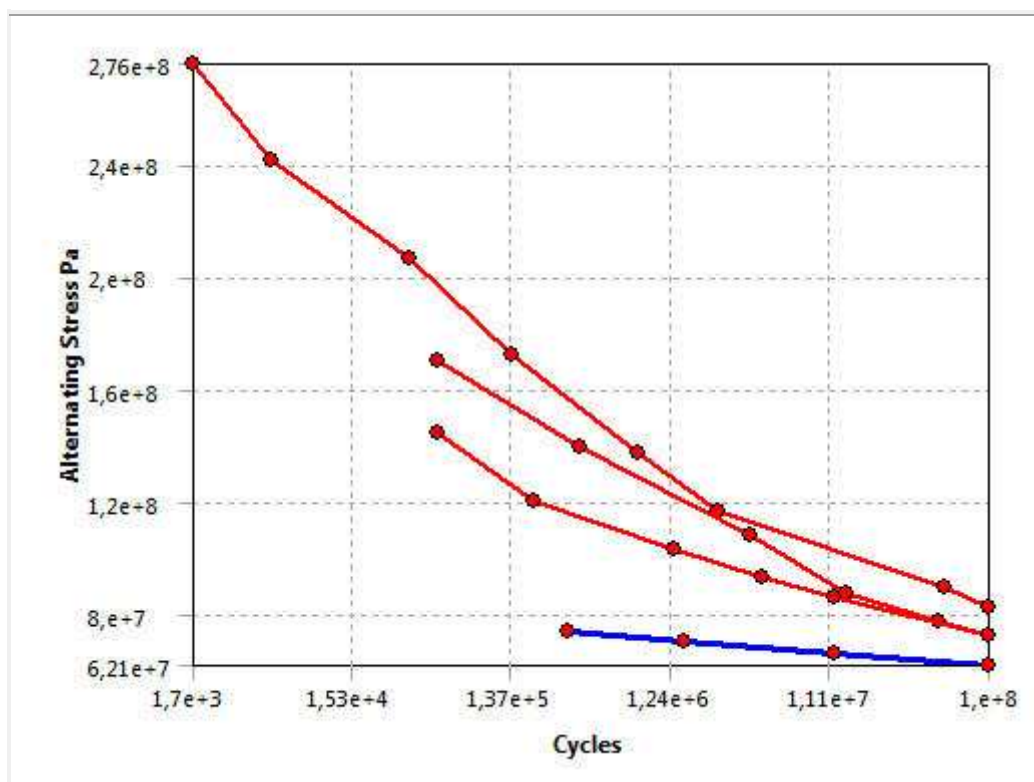


Mean Value 0.0

Table A4.7. "Alternating Stress"

Cycles	Alternating Stress
50,000.0	1.45×10 ⁸ Pa
190,000.0	1.21×10 ⁸ Pa
1.3×10 ⁶	1.03×10 ⁸ Pa
4.4×10 ⁶	9.31×10 ⁷ Pa
1.2×10 ⁷	8.62×10 ⁷ Pa
1.0×10 ⁸	7.24×10 ⁷ Pa

Table A4.8. Alternating Stress



Mean Value 0.5

Table A4.9. "Alternating Stress"

Cycles	Alternating Stress
300,000.0	7.41×10^7 Pa
1.5×10^6	7.07×10^7 Pa
1.2×10^7	6.64×10^7 Pa
1.0×10^8	6.2×10^7 Pa

Table A4.10. Thermal Conductivity

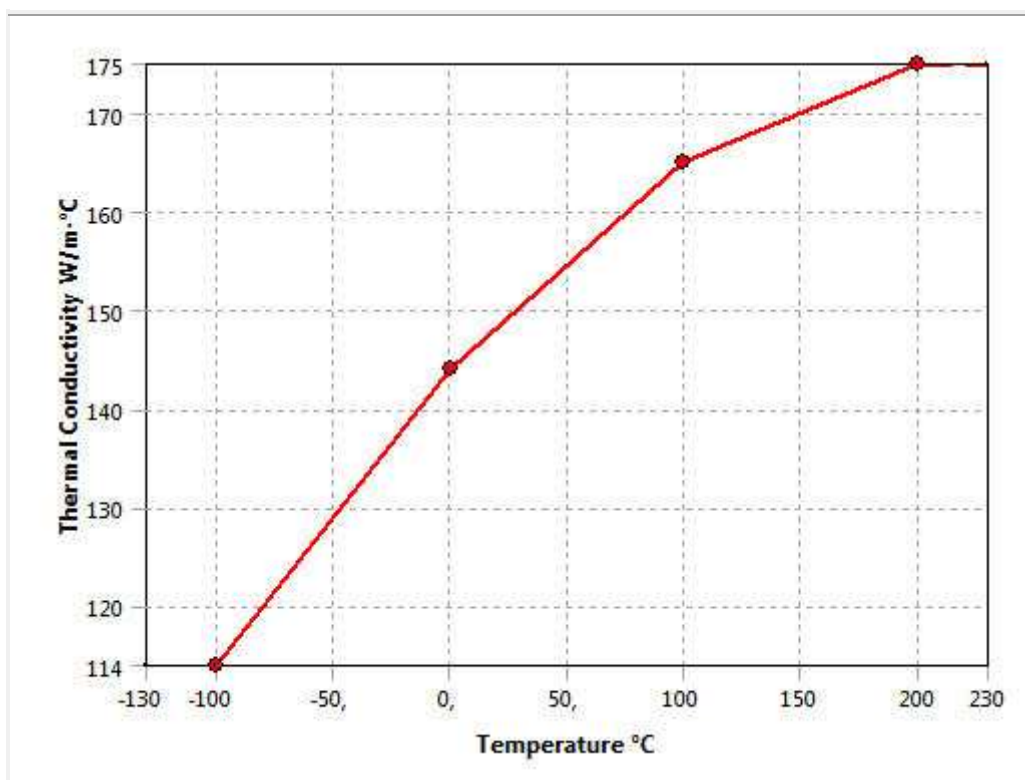


Table A4.11. "Thermal Conductivity"

Temperature °C	Thermal Conductivity W/m·°C
-100.0	114.0
0.0	144.0
100.0	165.0
200.0	175.0

A5. Distributing This Report

The following table lists the files that you need to include for posting this report to an Internet or Intranet web server or for moving this report to a different location. Store all files in the same folder as the HTML page.

This report was originally generated in the folder "C:\Users\Javier\AppData\Roaming\Ansys\lv100\".

Table A5.1. Files Included In This Report	
File Name	Description
"DSReport.htm"	This HTML page.
"StyleSheet.css"	The Cascading Style Sheet used to format the HTML page.
"AnsCompanyLogo.gif"	The ANSYS image displayed at the top of the title page.
"Table0001.jpg"	Table A2.2. "Alternating Stress" Alternating Stress
"Table0002.jpg"	Table A2.4. "Alternating Stress" Alternating Stress
"Table0003.jpg"	Table A2.6. "Alternating Stress" Alternating Stress
"Table0004.jpg"	Table A2.8. "Alternating Stress" Alternating Stress
"Table0005.jpg"	Table A2.10. "Thermal Conductivity" Thermal Conductivity
"Table0006.jpg"	Table A3.2. "Alternating Stress" Alternating Stress
"Table0007.jpg"	Table A3.4. "Alternating Stress" Alternating Stress
"Table0008.jpg"	Table A3.6. "Alternating Stress" Alternating Stress
"Table0009.jpg"	Table A3.8. "Alternating Stress" Alternating Stress
"Table0010.jpg"	Table A3.10. "Thermal Conductivity" Thermal Conductivity
"Table0011.jpg"	Table A4.2. "Alternating Stress" Alternating Stress
"Table0012.jpg"	Table A4.4. "Alternating Stress" Alternating Stress
"Table0013.jpg"	Table A4.6. "Alternating Stress" Alternating Stress
"Table0014.jpg"	Table A4.8. "Alternating Stress" Alternating Stress
"Table0015.jpg"	Table A4.10. "Thermal Conductivity" Thermal Conductivity

4.4 Informe ensayo vida a fatiga



Project

Author

Javier Garcia Romeo

Subject

Proyecto final de carrera

Prepared For

Diseño de un cuadro de bicicleta de montaña

Project Created

Monday, July 05, 2010 at 6:12:08 PM

Project Last Modified

Monday, July 05, 2010 at 6:12:08 PM

Report Created

Monday, July 05, 2010 at 6:38:23 PM

Software Used

[ANSYS 10.0](#)

Database

Document1.dsd

1. Summary

This report documents design and analysis information created and maintained using the ANSYS® engineering software program. Each scenario listed below represents one complete engineering simulation.

Scenario 1

- Based on the Iges assembly ["C:\Users\Javier\Documents\Universidad\PFC\Dibujos 3d\Archivos .igs\Conjunto bici 8.igs"](#).
 - Considered the effect of [body-to-body contact](#), [structural loads](#) and [structural supports](#).
 - Calculated safety factors and margins based on [maximum equivalent stress](#) and [maximum shear stress](#) along with [structural](#) results.
 - No [convergence criteria](#) defined.
 - No [alert criteria](#) defined.
 - See [Scenario 1](#) below for supporting details and [Appendix A1](#) for corresponding figures.
-

2. Introduction

The ANSYS CAE (Computer-Aided Engineering) software program was used in conjunction with 3D CAD (Computer-Aided Design) solid geometry to simulate the behavior of mechanical bodies under thermal/structural loading conditions. ANSYS automated FEA (Finite Element Analysis) technologies from [ANSYS, Inc.](#) to generate the results listed in this report.

Each scenario presented below represents one complete engineering simulation. The definition of a simulation includes known factors about a design such as material properties per body, contact behavior between bodies (in an assembly), and types and magnitudes of loading conditions. The results of a simulation provide insight into how the bodies may perform and how the design might be improved. Multiple scenarios allow comparison of results given different loading conditions, materials or geometric configurations.

Convergence and alert criteria may be defined for any of the results and can serve as guides for evaluating the quality of calculated results and the acceptability of values in the context of known design requirements.

- *Solution history* provides a means of assessing the quality of results by examining how values change during successive iterations of solution refinement. *Convergence criteria* sets a specific limit on the allowable change in a result between iterations. A result meeting this criteria is said to be "converged".
- *Alert criteria* define "allowable" ranges for result values. Alert ranges typically represent known aspects of the design specification.

All values are presented in the "SI Metric (m, kg, N, °C, s, V, A)" unit system.

Notice

Do not accept or reject a design based solely on the data presented in this report. Evaluate designs by considering this information in conjunction with experimental test data and the practical experience of design engineers and analysts. A quality approach to engineering design usually mandates physical testing as the final means of validating structural integrity to a measured precision.

3. Scenario 1

3.1. "Model"

"Model" obtains geometry from the Iges assembly "C:\Users\Javier\Documents\Universidad\PFC\Dibujos 3d\Archivos .igs\Conjunto bici 8.igs".

- "Part 10" was suppressed. Suppressed parts do not affect the results in this scenario in any way.
- The bounding box for all positioned bodies in the model measures 0.95 by 0.16 by 0.57 m along the global x, y and z axes, respectively.
- The model has a total mass of 6.5 kg.
- The model has a total volume of $4.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3$.

Name	Material	Nonlinear Material Effects	Bounding Box(m)	Mass (kg)	Volume (m³)	Nodes	Elements
"Part 1"	"Aluminum Alloy"	Yes	0.04, 2.0×10^{-2} , 4.05×10^{-2}	1.32×10^{-2}	4.72×10^{-6}	2055	981
"Part 2"	"Fibra carbono resinas castro"	Yes	0.32, 6.28×10^{-2} , 0.26	5.19×10^{-2}	3.24×10^{-5}	8836	4350
"Part 3"	"Aluminum Alloy"	Yes	5.36×10^{-2} , 2.0×10^{-2} , 4.48×10^{-2}	2.35×10^{-2}	8.39×10^{-6}	2106	1128
"Part 4"	"Aluminum Alloy"	Yes	4.6×10^{-2} , 2.0×10^{-2} , 4.26×10^{-2}	1.36×10^{-2}	4.86×10^{-6}	2364	1320
"Part 5"	"Aluminum Alloy"	Yes	4.44×10^{-2} , 2.0×10^{-2} , 3.87×10^{-2}	1.32×10^{-2}	4.72×10^{-6}	2055	981
"Part 6"	"Fibra carbono resinas castro"	Yes	0.34, 6.15×10^{-2} , 0.24	5.19×10^{-2}	3.24×10^{-5}	8836	4350
"Part 7"	"Aluminum Alloy"	Yes	5.24×10^{-2} , 2.0×10^{-2} , 4.74×10^{-2}	2.35×10^{-2}	8.39×10^{-6}	2106	1128
"Part 8"	"Aluminum Alloy"	Yes	0.06, 5.5×10^{-2} , 0.11	0.14	4.87×10^{-5}	8683	4949
"Part 9"	"Aluminum Alloy"	Yes	4.6×10^{-2} , 2.0×10^{-2} , 4.26×10^{-2}	1.36×10^{-2}	4.86×10^{-6}	2364	1320
"Part 11"	"Fibra carbono resinas castro"	Yes	0.45, 0.16, 9.7×10^{-2}	3.46	2.16×10^{-3}	8833	9016
"Part 12"	"Fibra carbono resinas castro"	Yes	0.62, 7.3×10^{-2} , 0.57	2.7	1.69×10^{-3}	34558	17233

Name	Thickness (m)	Surface Area (m²)
"Part 10"	0.01	2.65×10^{-9}
"Part 11"	0.02	0.11

3.1.1. Contact

- "Contact" uses a tolerance of 0.0 for automatic detection.

Name	Type	Associat	Sco	Normal	Scope	Behavi	Update	Formulati	Thermal	Pinball
------	------	----------	-----	--------	-------	--------	--------	-----------	---------	---------

		ed Bodies	pe	Stiffnes s	Mode	or	Stiffne ss	on	Conducta nce	Region
"Contact Region"	Bond ed	"Part 1" and "Part 2"	Face , Face	Progra m Controll ed	Automa tic	Symmet ric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Progra m Controll ed
"Contact Region 2"	Bond ed	"Part 1" and "Part 9"	Face , Face	Progra m Controll ed	Automa tic	Symmet ric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Progra m Controll ed
"Contact Region 3"	Bond ed	"Part 2" and "Part 7"	Face , Face	Progra m Controll ed	Automa tic	Symmet ric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Progra m Controll ed
"Contact Region 4"	Bond ed	"Part 3" and "Part 6"	Face , Face	Progra m Controll ed	Automa tic	Symmet ric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Progra m Controll ed
"Contact Region 5"	Bond ed	"Part 3" and "Part 8"	Face , Face	Progra m Controll ed	Automa tic	Symmet ric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Progra m Controll ed
"Contact Region 6"	Bond ed	"Part 4" and "Part 5"	Face , Face	Progra m Controll ed	Automa tic	Symmet ric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Progra m Controll ed
"Contact Region 7"	Bond ed	"Part 4" and "Part 11"	Face , Face	Progra m Controll ed	Automa tic	Symmet ric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Progra m Controll ed
"Contact Region 8"	Bond ed	"Part 5" and "Part 6"	Face , Face	Progra m Controll ed	Automa tic	Symmet ric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Progra m Controll ed
"Contact Region 9"	Bond ed	"Part 7" and "Part 8"	Face , Face	Progra m Controll ed	Automa tic	Symmet ric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Progra m Controll ed
"Contact Region 10"	Bond ed	"Part 8" and "Part 12"	Face , Face	Progra m Controll ed	Automa tic	Symmet ric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Progra m Controll ed
"Contact Region 11"	Bond ed	"Part 9" and "Part 11"	Face , Face	Progra m Controll ed	Automa tic	Symmet ric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Progra m Controll ed
"Contact Region 12" (Suppressed)	Bond ed	"Part 10" and "Part 11"	Face , Face	Progra m Controll ed	Automa tic	Symmet ric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Progra m Controll ed
"Contact Region 13"	Bond ed	"Part 11" and "Part 12"	Face , Face	Progra m Controll ed	Automa tic	Symmet ric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Progra m Controll ed

3.1.2. Mesh

- "Mesh", associated with "Model" has an overall relevance of 0.
- "Mesh" contains 82796 nodes and 46756 elements.

No mesh controls specified.

3.2. "Environment"

Simulation Type is set to Static

Analysis Type is set to Static Structural

"Environment" contains all loading conditions defined for "Model" in this scenario.

3.2.1. Structural Loading

Table 3.2.1.1. Structural Loads									
Name	Type	Magnitude	Vector	Reaction Force	Reaction Force Vector	Reaction Moment	Reaction Moment Vector	Location	Associated Bodies
"Force "	Surface Force	-200.0 N	[65.11 N x, 0.0 N y, -189.1 N z]	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	"Part 12"
"Remote Force"	Remote Force	1,000.0 N	[0.0 N x, 0.0 N y, -1,000.0 N z]	N/A	N/A	N/A	N/A	[-0.15 m x, 0.0 m y, 0.7 m z]	"Part 12"
"Remote Force 2"	Remote Force	200.0 N	[0.0 N x, 0.0 N y, -200.0 N z]	N/A	N/A	N/A	N/A	[0.17 m x, 0.08 m y, 0.0 m z]	"Part 12"
"Remote Force 3"	Remote Force	200.0 N	[0.0 N x, 0.0 N y, 200.0 N z]	N/A	N/A	N/A	N/A	[-0.17 m x, -0.08 m y, 0.0 m z]	"Part 12"

3.2.2. Structural Supports

Table 3.2.2.1. Structural Supports						
Name	Type	Reaction Force	Reaction Force Vector	Reaction Moment	Reaction Moment Vector	Associated Bodies
"Fixed Support"	Fixed Surface	1,648.02 N	[1,082.67 N x, -57.79 N y, 1,241.15 N z]	76.05 N·m	[-0.31 N·m x, 75.55 N·m y, 8.64 N·m z]	"Part 12"
"Fixed Support 2"	Fixed Surface	854.09 N	[-850.17 N x, 80.7 N y, -13.18 N z]	6.23 N·m	[2.8 N·m x, 2.89 N·m y, 4.76 N·m z]	"Part 11"
"Fixed Support 3"	Fixed Surface	303.74 N	[-300.52 N x, -22.2 N y, -38.09 N z]	7.89 N·m	[1.84 N·m x, 7.63 N·m y, -0.83 N·m z]	"Part 11"

NOTE: If a body contains two or more supports that share an edge or vertex, use caution in evaluating the listed reaction forces at those supports. Calculation of reaction forces includes the forces acting along bounding edges and vertices. When supports share edges or vertices the global summation of forces may not appear to balance.

3.3. "Solution"

Solver Type is set to Program Controlled

Weak Springs is set to Program Controlled

Large Deflection is set to Off

"Solution" contains the calculated response for "Model" given loading conditions defined in "Environment".

- Thermal expansion calculations use a constant reference temperature of 22.0 °C for all bodies in "Model". Theoretically, at a uniform temperature of 22.0 °C no strain results from thermal expansion or contraction.

3.3.1. Structural Results

Table 3.3.1.1. Solution					
Step	Auto Time Stepping	Initial Substeps	Minimum Substeps	Maximum Substeps	Number Of Substeps
Step 1	Program Controlled	N/A	N/A	N/A	N/A

Table 3.3.1.2. Values							
Name	Step	Scope	Minimum	Maximum	Minimum Occurs On	Maximum Occurs On	Alert Criteria
"Equivalent Stress"	Step 1	All Bodies In "Model"	0.0 Pa	1.6×10^7 Pa	Part 11	Part 12	None
"Maximum Shear Stress"	Step 1	All Bodies In "Model"	0.0 Pa	8.77×10^6 Pa	Part 11	Part 12	None
"Total Deformation"	Step 1	All Bodies In "Model"	0.0 m	2.51×10^{-5} m	Part 11	Part 12	None

- Convergence tracking not enabled.

3.3.2. Equivalent Stress Safety

Table 3.3.2.1. Definition	
Name	Stress Limit
"Stress Tool"	Yield strength per material.

Table 3.3.2.2. Results				
Name	Scope	Type	Minimum	Alert Criteria
"Stress Tool"	All Bodies In "Model"	Safety Factor	15.0	None
"Stress Tool"	All Bodies In "Model"	Safety Margin	14.0	None

- Convergence tracking not enabled.

3.3.3. Shear Stress Safety

Table 3.3.3.1. Definition		
Name	Shear Limit	Shear Factor
"Stress Tool 2"	Yield strength per material.	0.5

Table 3.3.3.2. Results				
------------------------	--	--	--	--

Name	Scope	Type	Minimum	Alert Criteria
"Stress Tool 2"	All Bodies In "Model"	Safety Factor	15.0	None
"Stress Tool 2"	All Bodies In "Model"	Safety Margin	14.0	None

- Convergence tracking not enabled.
-

Appendices

A1. Scenario 1 Figures

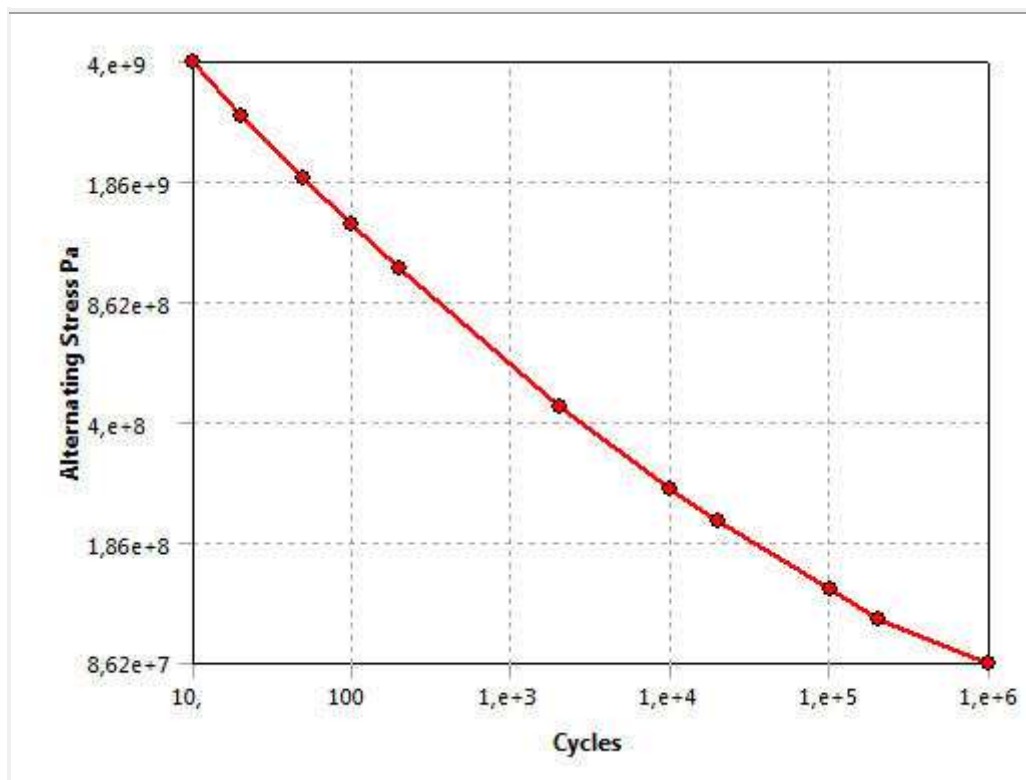
No figures to display.

A2. Definition of "Fibra carbono resinas castro"

Table A2.1. "Fibra carbono resinas castro" Constant Properties

Name	Value
Compressive Ultimate Strength	0.0 Pa
Compressive Yield Strength	2.83×10^9 Pa
Density	1,600.0 kg/m ³
Poisson's Ratio	0.33
Tensile Yield Strength	2.83×10^9 Pa
Tensile Ultimate Strength	2.83×10^9 Pa
Young's Modulus	2.0×10^{11} Pa
Thermal Expansion	2.3×10^{-5} 1/°C
Specific Heat	434.0 J/kg·°C
Thermal Conductivity	60.5 W/m·°C
Relative Permeability	10,000.0
Resistivity	1.7×10^{-7} Ohm·m

Table A2.2. Alternating Stress



Mean Value 0.0

Table A2.3. "Alternating Stress"

Cycles	Alternating Stress
10.0	4.0×10 ⁹ Pa
20.0	2.83×10 ⁹ Pa
50.0	1.9×10 ⁹ Pa
100.0	1.41×10 ⁹ Pa
200.0	1.07×10 ⁹ Pa
2,000.0	4.41×10 ⁸ Pa
10,000.0	2.62×10 ⁸ Pa
20,000.0	2.14×10 ⁸ Pa
100,000.0	1.38×10 ⁸ Pa
200,000.0	1.14×10 ⁸ Pa
1,000,000.0	8.62×10 ⁷ Pa

Table A2.4. Strain-Life Parameters

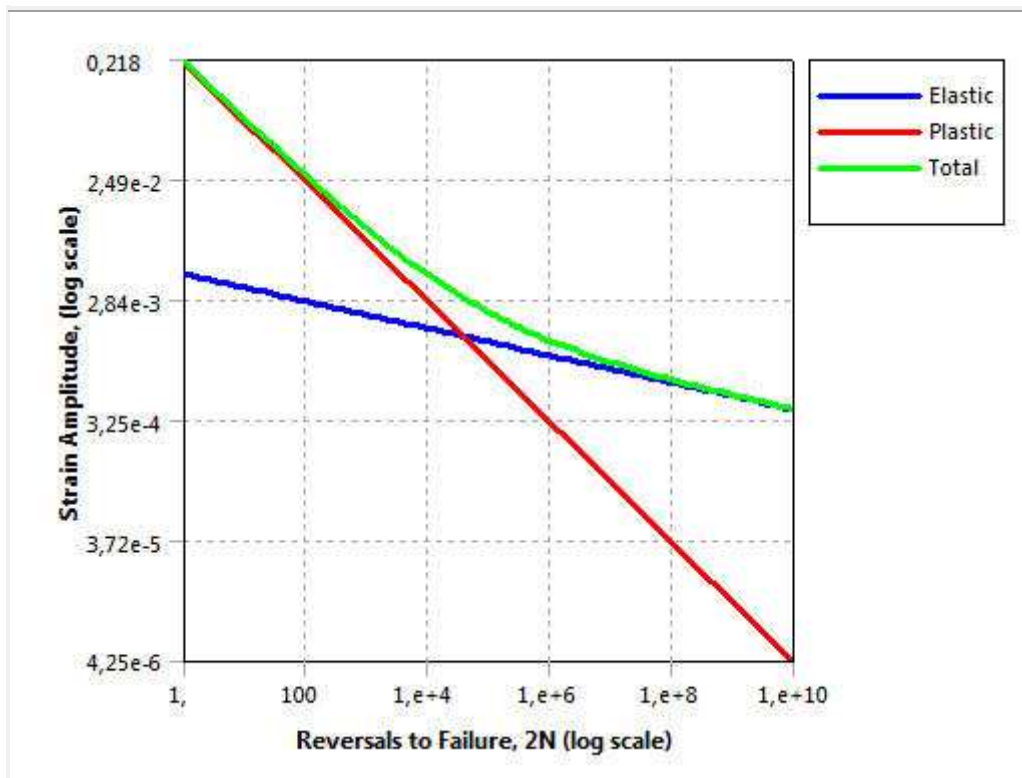


Table A2.5. "Strain-Life Parameters"

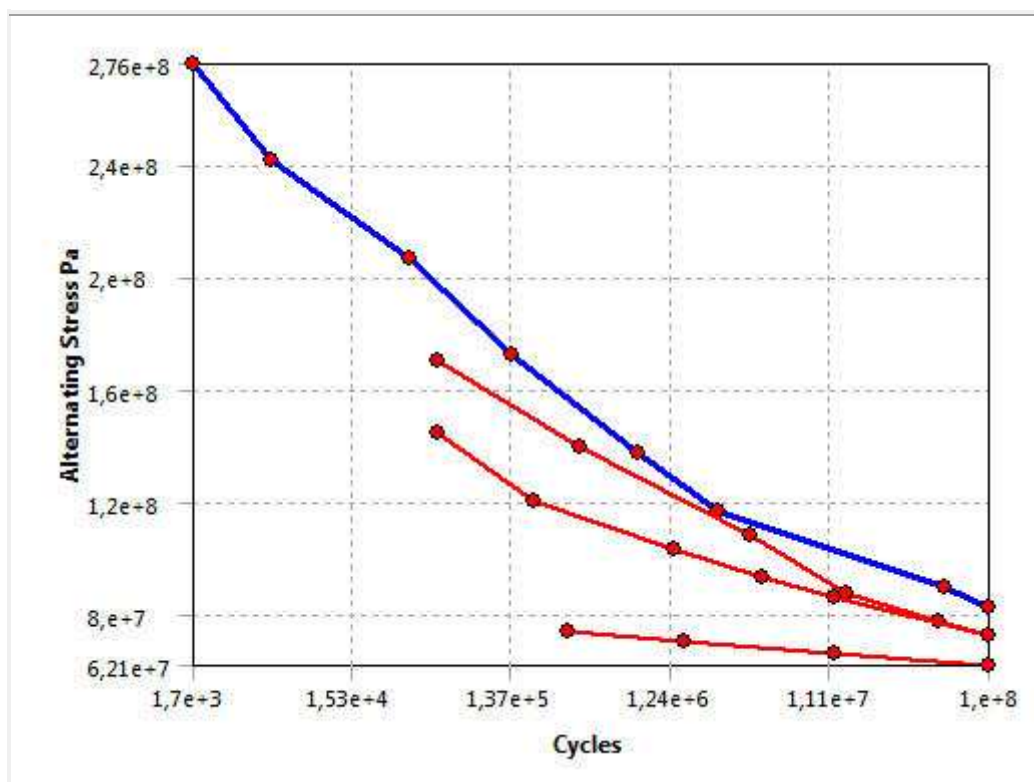
Strength Coefficient	9.2×10^8 Pa
Strength Exponent	-0.11
Ductility Coefficient	0.21
Ductility Exponent	-0.47
Cyclic Strength Coefficient	1.0×10^9 Pa
Cyclic Strain Hardening Exponent	0.2

A3. Definition of "Aluminum Alloy"

Table A3.1. "Aluminum Alloy" Constant Properties

Name	Value
Compressive Ultimate Strength	0.0 Pa
Compressive Yield Strength	4.8×10^8 Pa
Density	2,800.0 kg/m ³
Poisson's Ratio	0.33
Tensile Yield Strength	4.8×10^8 Pa
Tensile Ultimate Strength	5.5×10^8 Pa
Young's Modulus	7.2×10^{10} Pa
Thermal Expansion	2.3×10^{-5} 1/°C
Specific Heat	875.0 J/kg·°C
Relative Permeability	1.0
Resistivity	5.7×10^{-8} Ohm·m

Table A3.2. Alternating Stress

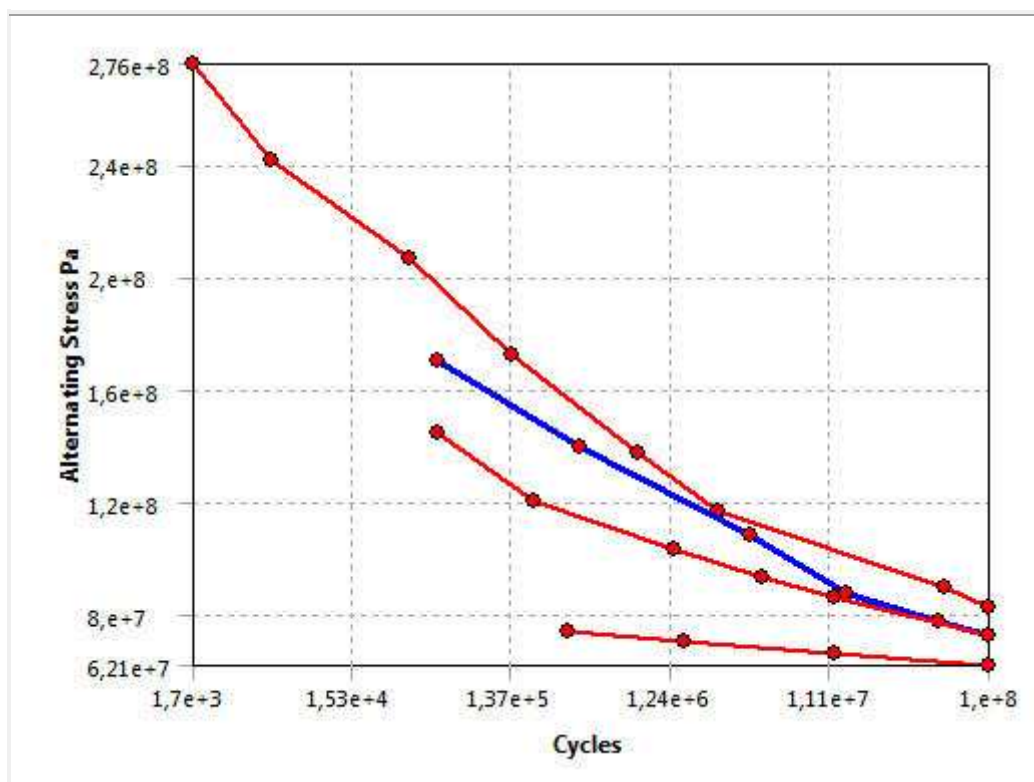


Mean Value -1.0

Table A3.3. "Alternating Stress"

Cycles	Alternating Stress
1,700.0	2.76×10 ⁸ Pa
5,000.0	2.41×10 ⁸ Pa
34,000.0	2.07×10 ⁸ Pa
140,000.0	1.72×10 ⁸ Pa
800,000.0	1.38×10 ⁸ Pa
2.4×10 ⁶	1.17×10 ⁸ Pa
5.5×10 ⁷	8.96×10 ⁷ Pa
1.0×10 ⁸	8.27×10 ⁷ Pa

Table A3.4. Alternating Stress

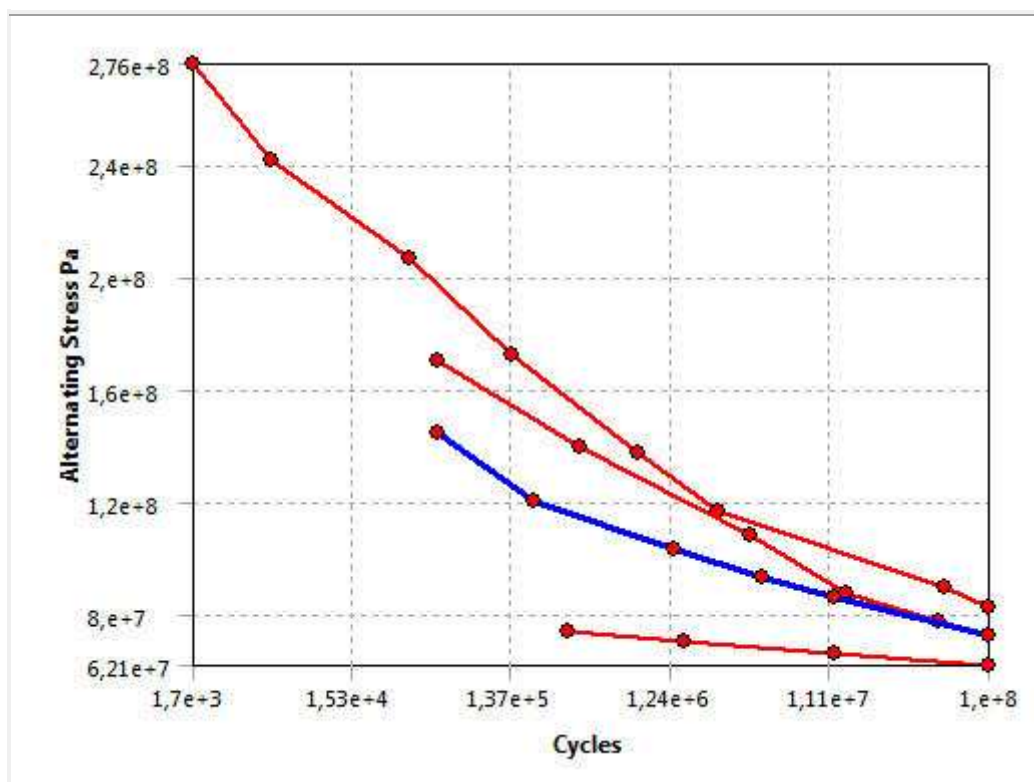


Mean Value -0.5

Table A3.5. "Alternating Stress"

Cycles	Alternating Stress
50,000.0	1.71×10 ⁸ Pa
350,000.0	1.4×10 ⁸ Pa
3.7×10 ⁶	1.09×10 ⁸ Pa
1.4×10 ⁷	8.79×10 ⁷ Pa
5.0×10 ⁷	7.76×10 ⁷ Pa
1.0×10 ⁸	7.24×10 ⁷ Pa

Table A3.6. Alternating Stress

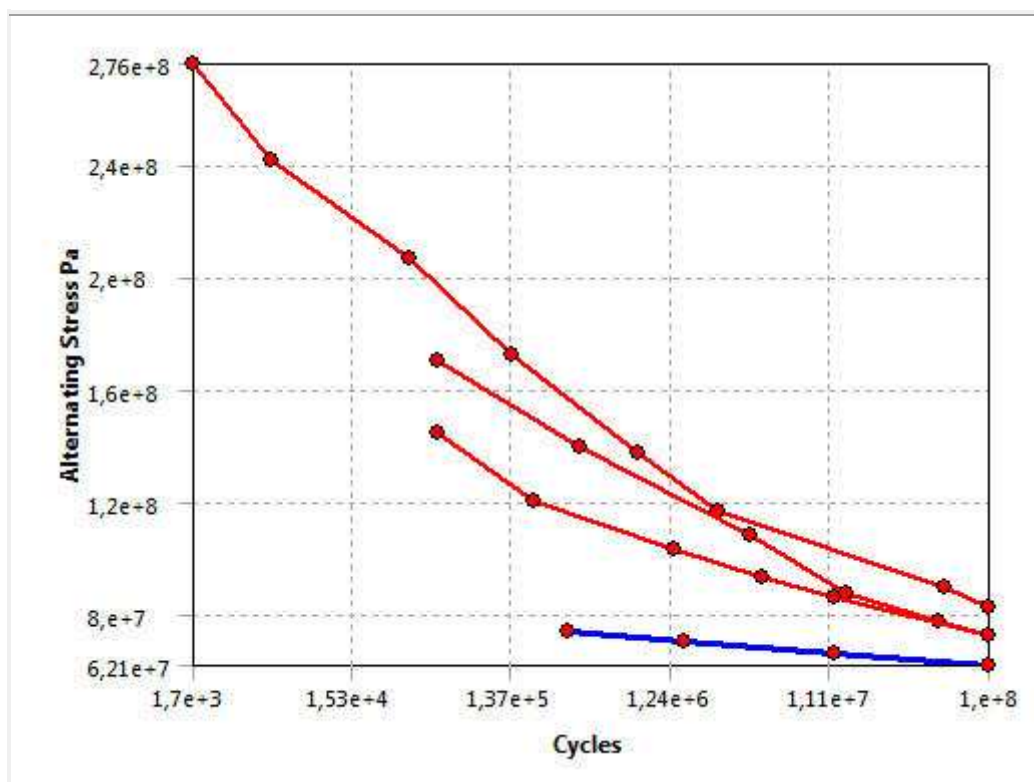


Mean Value 0.0

Table A3.7. "Alternating Stress"

Cycles	Alternating Stress
50,000.0	1.45×10 ⁸ Pa
190,000.0	1.21×10 ⁸ Pa
1.3×10 ⁶	1.03×10 ⁸ Pa
4.4×10 ⁶	9.31×10 ⁷ Pa
1.2×10 ⁷	8.62×10 ⁷ Pa
1.0×10 ⁸	7.24×10 ⁷ Pa

Table A3.8. Alternating Stress



Mean Value 0.5

Table A3.9. "Alternating Stress"

Cycles	Alternating Stress
300,000.0	7.41×10^7 Pa
1.5×10^6	7.07×10^7 Pa
1.2×10^7	6.64×10^7 Pa
1.0×10^8	6.2×10^7 Pa

Table A3.10. Thermal Conductivity

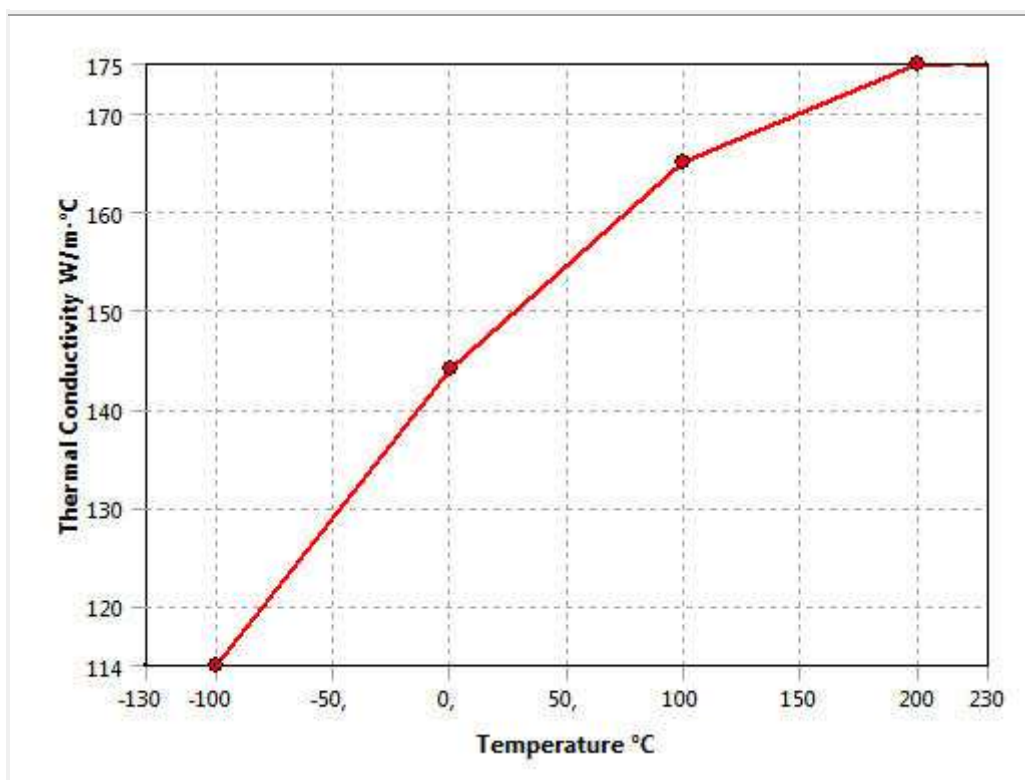


Table A3.11. "Thermal Conductivity"

Temperature °C	Thermal Conductivity W/m·°C
-100.0	114.0
0.0	144.0
100.0	165.0
200.0	175.0

A4. Distributing This Report

The following table lists the files that you need to include for posting this report to an Internet or Intranet web server or for moving this report to a different location. Store all files in the same folder as the HTML page.

This report was originally generated in the folder "C:\Users\Javier\AppData\Roaming\Ansys\lv100\".

Table A4.1. Files Included In This Report	
File Name	Description
"DSReport.htm"	This HTML page.
"StyleSheet.css"	The Cascading Style Sheet used to format the HTML page.
"AnsCompanyLogo.gif"	The ANSYS image displayed at the top of the title page.
"Table0001.jpg"	Table A2.2. "Alternating Stress" Alternating Stress
"Table0002.jpg"	Table A2.4. "Strain-Life Parameters" Strain-Life Parameters
"Table0003.jpg"	Table A3.2. "Alternating Stress" Alternating Stress
"Table0004.jpg"	Table A3.4. "Alternating Stress" Alternating Stress
"Table0005.jpg"	Table A3.6. "Alternating Stress" Alternating Stress
"Table0006.jpg"	Table A3.8. "Alternating Stress" Alternating Stress
"Table0007.jpg"	Table A3.10. "Thermal Conductivity" Thermal Conductivity

4.5 Informe ensayo basculante trasero



Project

Author

Javier Garcia Romeo

Subject

Proyecto final de carrera

Prepared For

Diseño de un cuadro de bicicleta de montaña

Project Created

Monday, July 05, 2010 at 6:40:25 PM

Project Last Modified

Monday, July 05, 2010 at 6:40:25 PM

Report Created

Monday, July 05, 2010 at 6:53:11 PM

Software Used

[ANSYS 10.0](#)

Database

Document1.dsd

1. Summary

This report documents design and analysis information created and maintained using the ANSYS® engineering software program. Each scenario listed below represents one complete engineering simulation.

Scenario 1

- Based on the Iges assembly ["C:\Users\Javier\Documents\Universidad\PFC\Dibujos 3d\Archivos .igs\Basculante trasero 6.igs"](#).
 - Considered the effect of [body-to-body contact](#), [structural loads](#) and [structural supports](#).
 - Calculated safety factors and margins based on [maximum equivalent stress](#) and [maximum shear stress](#) along with [structural](#) results.
 - No [convergence criteria](#) defined.
 - No [alert criteria](#) defined.
 - See [Scenario 1](#) below for supporting details and [Appendix A1](#) for corresponding figures.
-

2. Introduction

The ANSYS CAE (Computer-Aided Engineering) software program was used in conjunction with 3D CAD (Computer-Aided Design) solid geometry to simulate the behavior of mechanical bodies under thermal/structural loading conditions. ANSYS automated FEA (Finite Element Analysis) technologies from [ANSYS, Inc.](#) to generate the results listed in this report.

Each scenario presented below represents one complete engineering simulation. The definition of a simulation includes known factors about a design such as material properties per body, contact behavior between bodies (in an assembly), and types and magnitudes of loading conditions. The results of a simulation provide insight into how the bodies may perform and how the design might be improved. Multiple scenarios allow comparison of results given different loading conditions, materials or geometric configurations.

Convergence and alert criteria may be defined for any of the results and can serve as guides for evaluating the quality of calculated results and the acceptability of values in the context of known design requirements.

- *Solution history* provides a means of assessing the quality of results by examining how values change during successive iterations of solution refinement. *Convergence criteria* sets a specific limit on the allowable change in a result between iterations. A result meeting this criteria is said to be "converged".
- *Alert criteria* define "allowable" ranges for result values. Alert ranges typically represent known aspects of the design specification.

All values are presented in the "SI Metric (m, kg, N, °C, s, V, A)" unit system.

Notice

Do not accept or reject a design based solely on the data presented in this report. Evaluate designs by considering this information in conjunction with experimental test data and the practical experience of design engineers and analysts. A quality approach to engineering design usually mandates physical testing as the final means of validating structural integrity to a measured precision.

3. Scenario 1

3.1. "Model"

"Model" obtains geometry from the Iges assembly "C:\Users\Javier\Documents\Universidad\PFCDibujos 3d\Archivos.igs\Basculante trasero 6.igs".

- "Part 2" was suppressed. Suppressed parts do not affect the results in this scenario in any way.
- The bounding box for all positioned bodies in the model measures 0.45 by 0.16 by 9.7×10^{-2} m along the global x, y and z axes, respectively.
- The model has a total mass of 0.33 kg.
- The model has a total volume of 2.06×10^{-4} m³.

Table 3.1.1. Bodies							
Name	Material	Nonlinear Material Effects	Bounding Box(m)	Mass (kg)	Volume (m ³)	Nodes	Elements
"Part 1"	"Fibra de carbono"	Yes	0.45, 0.16, 9.7×10^{-2}	0.33	2.06×10^{-4}	17763	8979

Table 3.1.2. Surface Bodies		
Name	Thickness (m)	Surface Area (m ²)
"Part 2"	0.0	2.65×10^{-9}

3.1.1. Contact

- "Contact" uses a tolerance of 0.0 for automatic detection.

Table 3.1.1.1. Contact Conditions										
Name	Type	Associated Bodies	Scope	Normal Stiffness	Scope Mode	Behavior	Update Stiffness	Formulation	Thermal Conductance	Pinball Region
"Contact Region" (Suppressed)	Bonded	"Part 1" and "Part 2"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled

3.1.2. Mesh

- "Mesh", associated with "Model" has an overall relevance of 0.
- "Mesh" contains 17763 nodes and 8979 elements.

No mesh controls specified.

3.2. "Environment"

Simulation Type is set to Static

Analysis Type is set to Static Structural

"Environment" contains all loading conditions defined for "Model" in this scenario.

3.2.1. Structural Loading

Table 3.2.1.1. Structural Loads								
Name	Type	Magnitude	Vector	Reaction Force	Reaction Force Vector	Reaction Moment	Reaction Moment Vector	Associated Bodies
"Force"	Surface Force	400.0 N	[0.0 N x, 0.0 N y, 400.0 N z]	N/A	N/A	N/A	N/A	"Part 1"
"Force 2"	Surface Force	400.0 N	[0.0 N x, 0.0 N y, 400.0 N z]	N/A	N/A	N/A	N/A	"Part 1"

3.2.2. Structural Supports

Table 3.2.2.1. Structural Supports						
Name	Type	Reaction Force	Reaction Force Vector	Reaction Moment	Reaction Moment Vector	Associated Bodies
"Fixed Support"	Fixed Surface	799.9 N	[1.71×10 ⁻³ N x, 2.48×10 ⁻⁵ N y, -799.9 N z]	342.32 N·m	[-0.8 N·m x, -342.32 N·m y, -3.07×10 ⁻⁶ N·m z]	"Part 1"

3.3. "Solution"

Solver Type is set to **Program Controlled**

Weak Springs is set to **Program Controlled**

Large Deflection is set to **Off**

"Solution" contains the calculated response for "Model" given loading conditions defined in "Environment".

- Thermal expansion calculations use a constant reference temperature of 22.0 °C for all bodies in "Model". Theoretically, at a uniform temperature of 22.0 °C no strain results from thermal expansion or contraction.

3.3.1. Structural Results

Table 3.3.1.1. Solution					
Step	Auto Time Stepping	Initial Substeps	Minimum Substeps	Maximum Substeps	Number Of Substeps
Step 1	Program Controlled	N/A	N/A	N/A	N/A

Table 3.3.1.2. Values							
Name	Step	Scope	Minimum	Maximum	Minimum Occurs On	Maximum Occurs On	Alert Criteria
"Equivalent Stress"	Step 1	All Bodies In "Model"	2,536.25 Pa	5.07×10 ⁸ Pa	Part 1	Part 1	None
"Maximum Shear Stress"	Step 1	All Bodies In "Model"	1,320.96 Pa	2.65×10 ⁸ Pa	Part 1	Part 1	None

"Total Deformation"	Step 1	All Bodies In "Model"	0.0 m	2.86x10 ⁻² m	Part 1	Part 1	None
---------------------	--------	-----------------------	-------	-------------------------	--------	--------	------

- Convergence tracking not enabled.

3.3.2. Equivalent Stress Safety

Table 3.3.2.1. Definition				
Name	Stress Limit			
"Stress Tool"	Yield strength per material.			

Table 3.3.2.2. Results				
Name	Scope	Type	Minimum	Alert Criteria
"Stress Tool"	All Bodies In "Model"	Safety Factor	5.58	None
"Stress Tool"	All Bodies In "Model"	Safety Margin	4.58	None

- Convergence tracking not enabled.

3.3.3. Shear Stress Safety

Table 3.3.3.1. Definition		
Name	Shear Limit	Shear Factor
"Stress Tool 2"	Yield strength per material.	0.5

Table 3.3.3.2. Results				
Name	Scope	Type	Minimum	Alert Criteria
"Stress Tool 2"	All Bodies In "Model"	Safety Factor	5.35	None
"Stress Tool 2"	All Bodies In "Model"	Safety Margin	4.35	None

- Convergence tracking not enabled.

Appendices

A1. Scenario 1 Figures

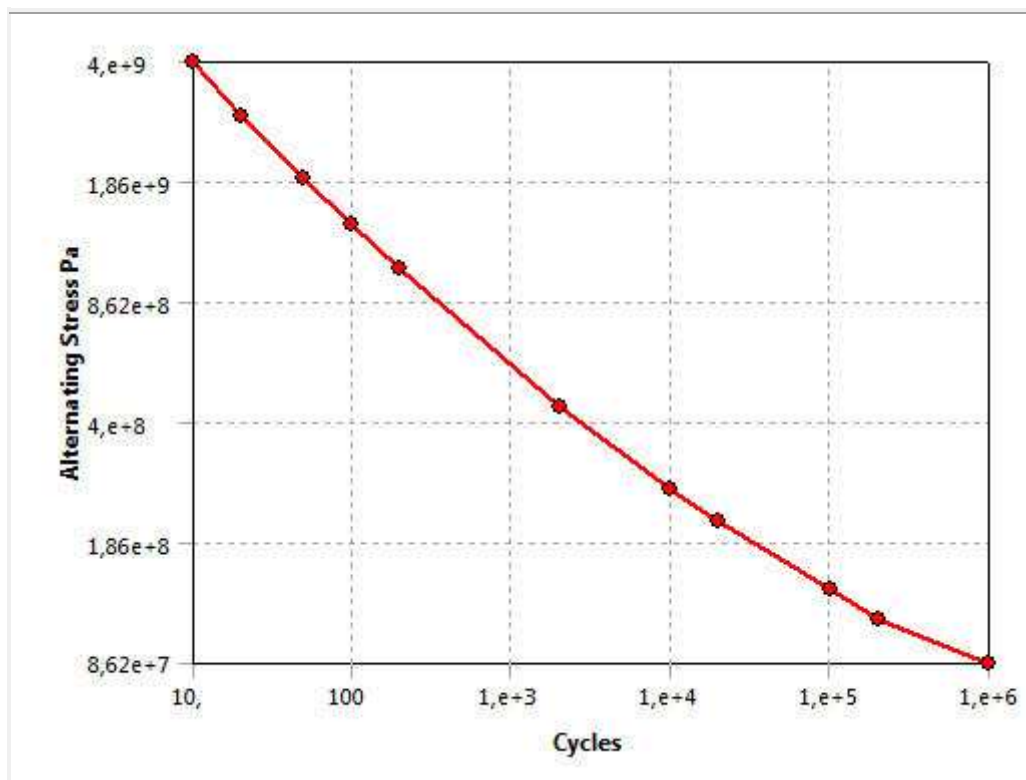
No figures to display.

A2. Definition of "Fibra de carbono"

Table A2.1. "Fibra de carbono" Constant Properties

Name	Value
Compressive Ultimate Strength	0.0 Pa
Compressive Yield Strength	2.83×10^9 Pa
Density	1,600.0 kg/m ³
Poisson's Ratio	0.33
Tensile Yield Strength	2.83×10^9 Pa
Tensile Ultimate Strength	2.83×10^9 Pa
Young's Modulus	2.0×10^{11} Pa
Thermal Expansion	2.3×10^{-5} 1/°C
Specific Heat	434.0 J/kg·°C
Thermal Conductivity	60.5 W/m·°C
Relative Permeability	10,000.0
Resistivity	1.7×10^{-7} Ohm·m

Table A2.2. Alternating Stress



Mean Value 0.0

Table A2.3. "Alternating Stress"

Cycles	Alternating Stress
10.0	4.0×10 ⁹ Pa
20.0	2.83×10 ⁹ Pa
50.0	1.9×10 ⁹ Pa
100.0	1.41×10 ⁹ Pa
200.0	1.07×10 ⁹ Pa
2,000.0	4.41×10 ⁸ Pa
10,000.0	2.62×10 ⁸ Pa
20,000.0	2.14×10 ⁸ Pa
100,000.0	1.38×10 ⁸ Pa
200,000.0	1.14×10 ⁸ Pa
1,000,000.0	8.62×10 ⁷ Pa

Table A2.4. Strain-Life Parameters

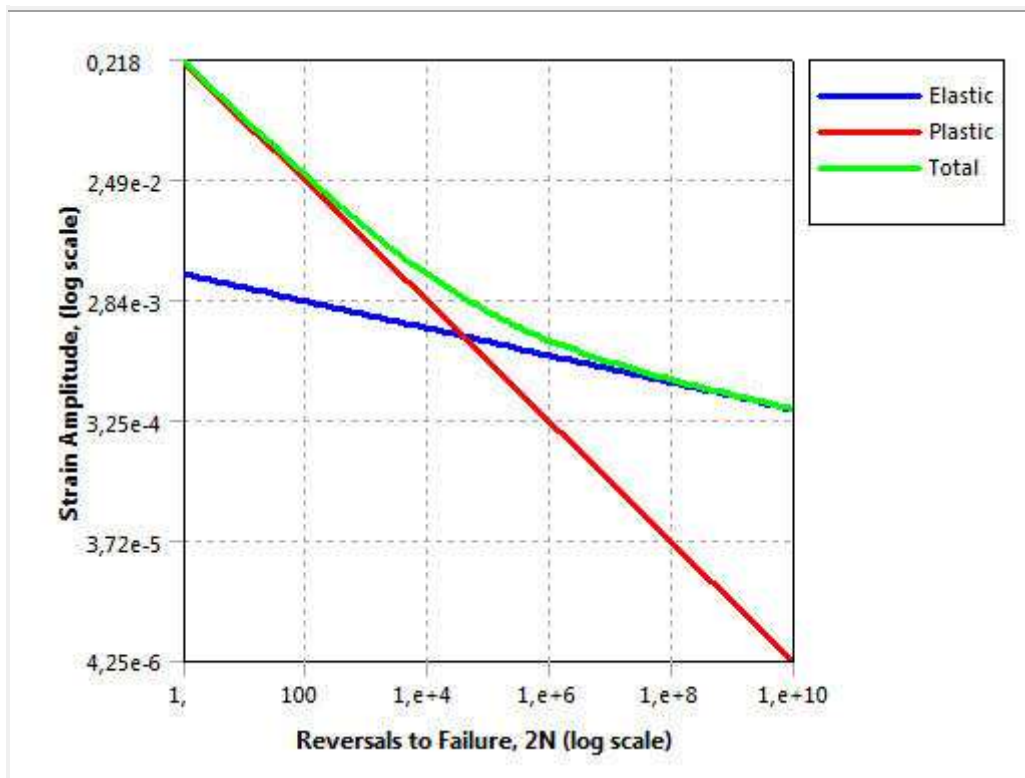


Table A2.5. "Strain-Life Parameters"

Strength Coefficient	9.2×10^8 Pa
Strength Exponent	-0.11
Ductility Coefficient	0.21
Ductility Exponent	-0.47
Cyclic Strength Coefficient	1.0×10^9 Pa
Cyclic Strain Hardening Exponent	0.2

A3. Distributing This Report

The following table lists the files that you need to include for posting this report to an Internet or Intranet web server or for moving this report to a different location. Store all files in the same folder as the HTML page.

This report was originally generated in the folder "C:\Users\Javier\AppData\Roaming\Ansys\lv100\".

Table A3.1. Files Included In This Report	
File Name	Description
"DSReport.htm"	This HTML page.
"StyleSheet.css"	The Cascading Style Sheet used to format the HTML page.
"AnsCompanyLogo.gif"	The ANSYS image displayed at the top of the title page.
"Table0001.jpg"	Table A2.2. "Alternating Stress" Alternating Stress
"Table0002.jpg"	Table A2.4. "Strain-Life Parameters" Strain-Life Parameters

5. Manual de manejo para simulación de carga en Ansys Workbench 10

El objetivo de este manual es que el lector o persona interesada en el manejo de Ansys pueda realizar las simulaciones de cargas estáticas, de vibraciones y de fatiga de un determinado objeto o cuerpo mediante la ayuda que proporciona este manual mediante las instrucciones o pasos que se dan en él. Antes de comenzar a explicar los procesos para hacer las simulaciones nombradas anteriormente, se responderán las dos siguientes preguntas.

¿Qué es Ansys?

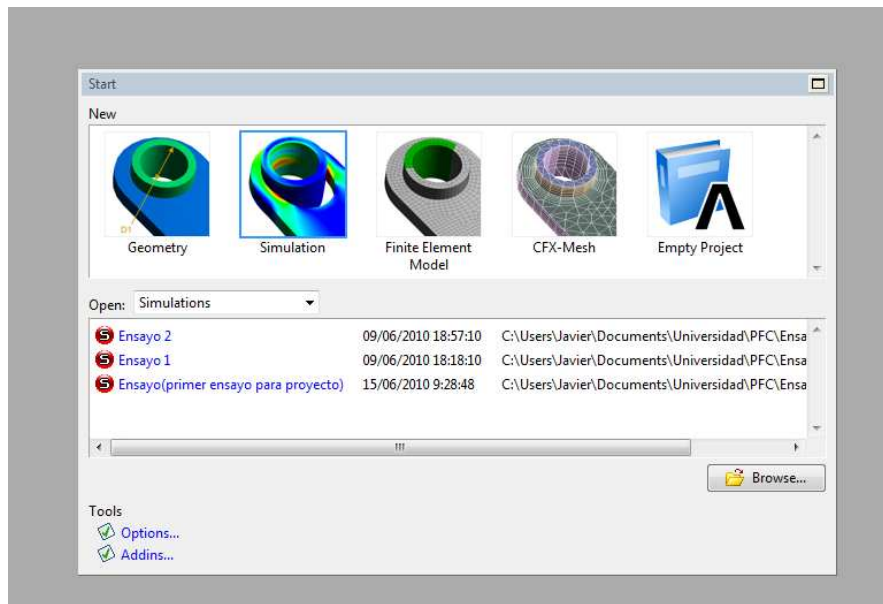
ANSYS, Inc. Fue fundada en 1970 (Swanson Analysis Systems, Inc.) utilizando aproximadamente 1700 empleados, la mayoría con experiencia en [elemento finito](#) y dinámica de fluido computacional. ANSYS desarrolla, comercializa y presta soporte a la [ingeniería](#) a través de [software](#) de [simulación](#) para predecir como funcionará y reaccionará determinado producto bajo un entorno real. ANSYS continuamente desarrolla tecnología enfocada en la simulación y a través del tiempo ha adquirido otro software para ofrecer un paquete de aplicaciones que pueden ser unificadas para los problemas más complejos. Además presta soporte a la industria. ANSYS es un [software](#) de simulación ingenieril. Está desarrollado para funcionar bajo la teoría de [elemento finito](#) para estructuras y [volúmenes finitos](#) para fluidos.

¿Qué debemos hacer antes de realizar simulaciones en Ansys?

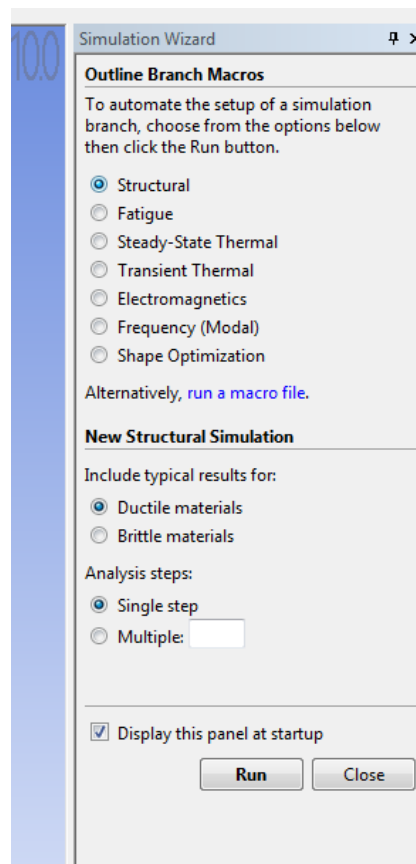
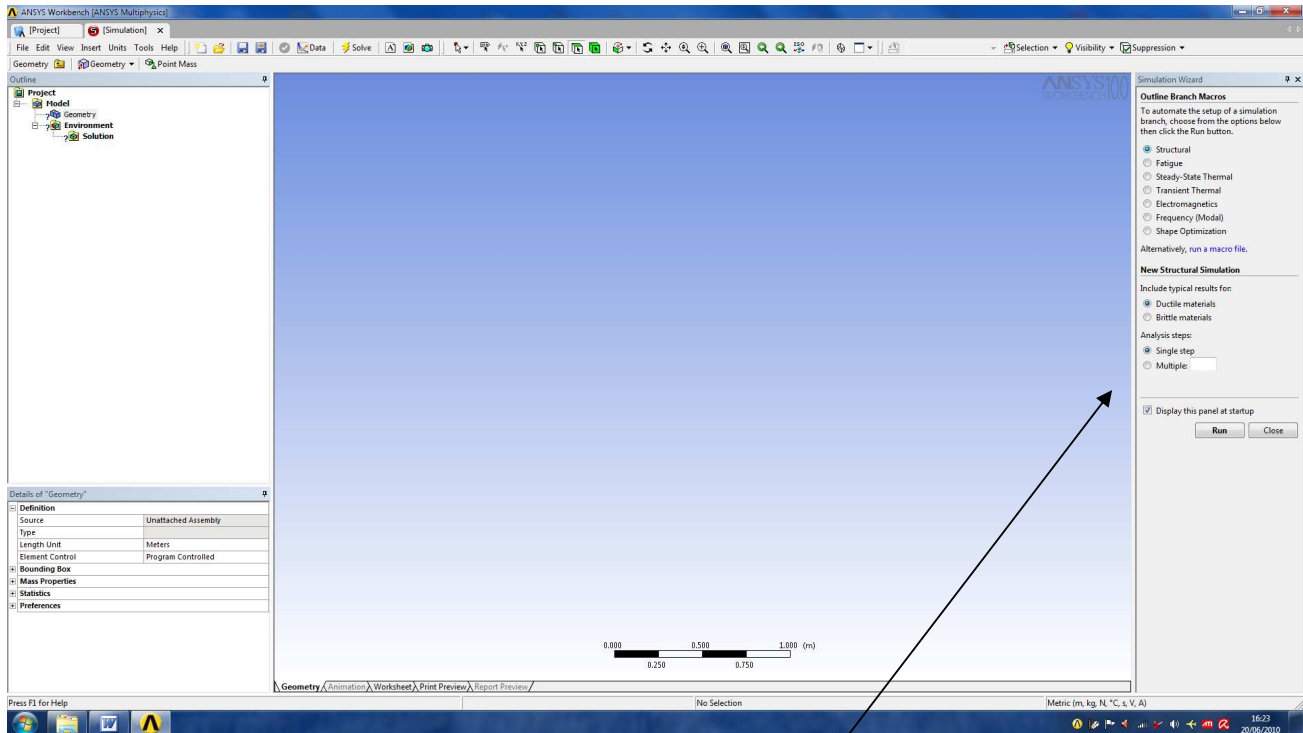
Como antes se ha explicado Ansys es un programa informático dedicado a las simulaciones de objetos en el mundo de la ingeniería. Antes de comenzar a trabajar con Ansys lo que debemos hacer es guardar el archivo 3D, que hemos generado con un software de dibujo 3D, en formato igs para poder exportar su geometría a Ansys y que este programa pueda interpretar la geometría del cuerpo o cuerpos que deseemos simular en diversas situaciones de carga.

Simulación de cargas estáticas sobre un cuerpo, estudio estructural del objeto

^{1º} Al iniciar el programa en nuestro ordenador nos aparece la siguiente pantalla y un cuadro de diálogo del cual elegimos la opción de **“Simulation”**, como podemos en la siguiente imagen:

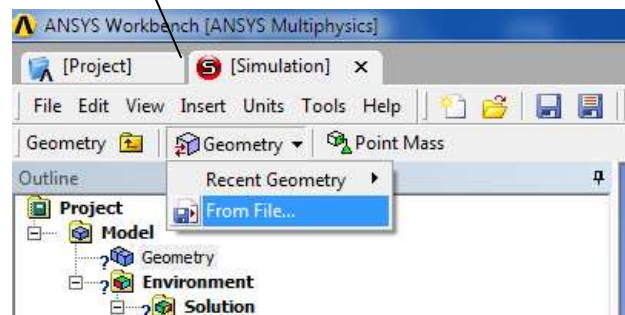
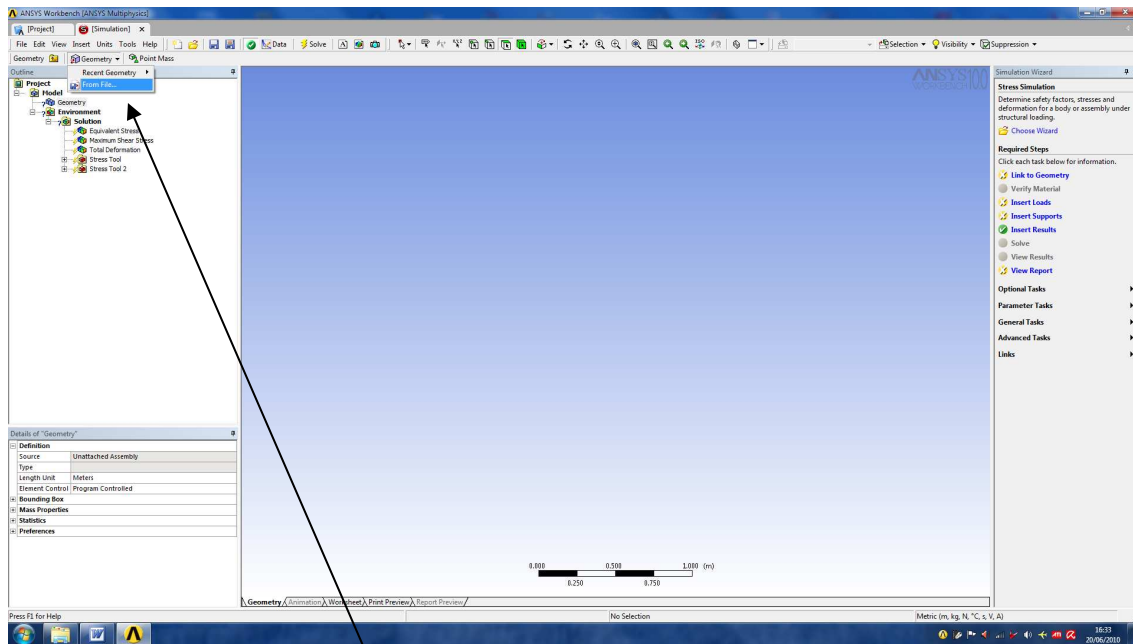


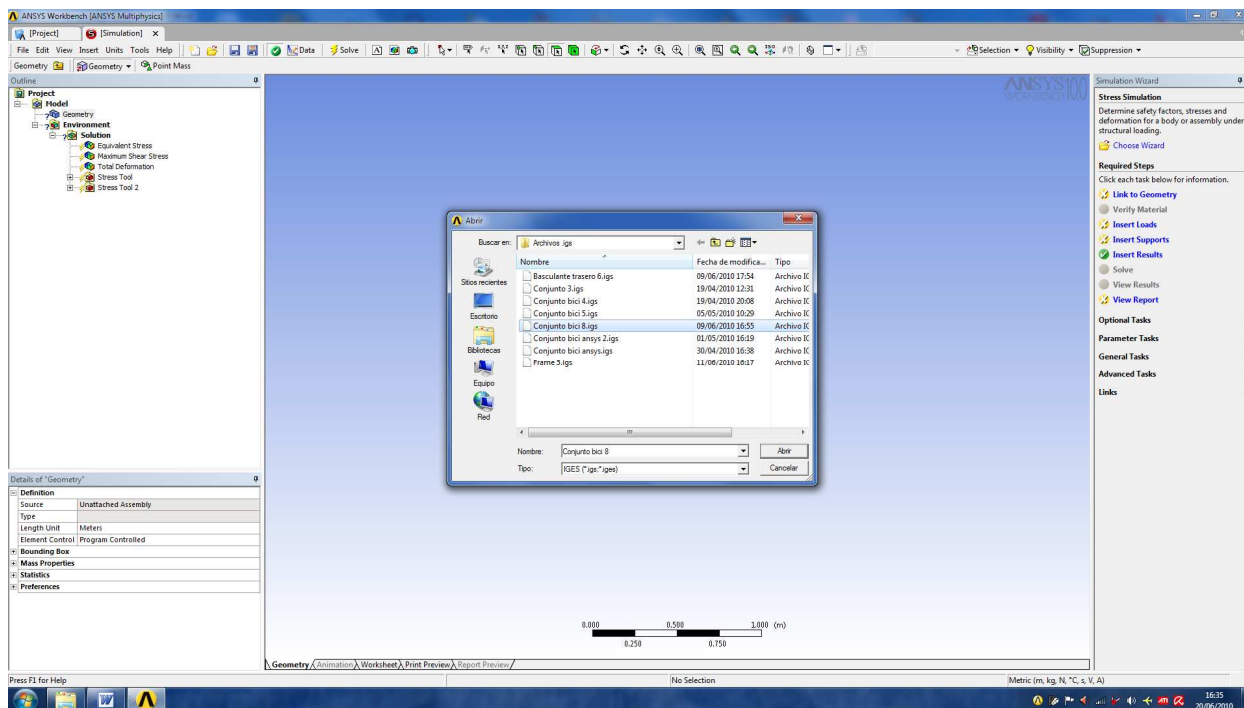
2º Al clicar sobre la opción “**Simulation**”, aparece una nueva ventana, en la que en su parte derecha podemos ver una barra vertical en la que aparecen determinadas opciones de simulación. En este caso tenemos que elegir la primera opción, “**Structural**”, ya que es la que se corresponde con la simulación de cargas estáticas, que comprueba la resistencia estructural del objeto a simular.



En el caso de las demás opciones dejamos las que vienen dadas por el programa y clickamos sobre la pestaña **“Run”**.

3º Después del paso anterior ya estamos en la ventana correspondiente al tipo de simulación elegida. Lo primero que tenemos que hacer ahora es introducir la geometría que hemos generado con un software 3D y hemos guardado con la extensión igs. Para ello vamos a la barra de herramientas a la pestaña **Geometry**, en la pestaña aparece una barra desplegable y elegimos la opción **“From file”**, a continuación nos aparece un cuadro de dialogo donde buscamos el lugar donde hemos guardado el archivo con extensión .igs y una vez seleccionado clickamos sobre la pestaña **“Abrir”**. A continuación se muestran imágenes que explican los pasos seguidos en este punto.

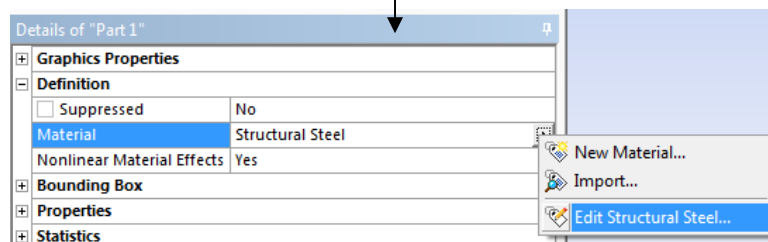
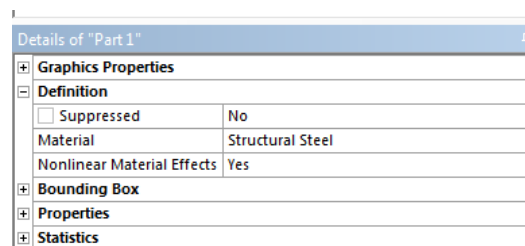
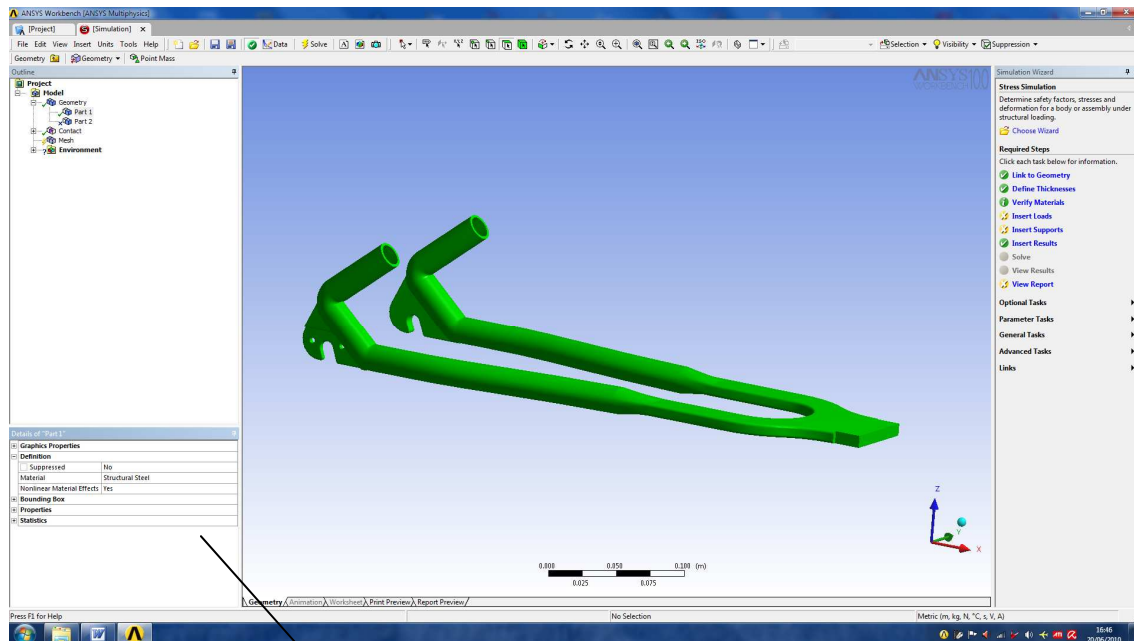




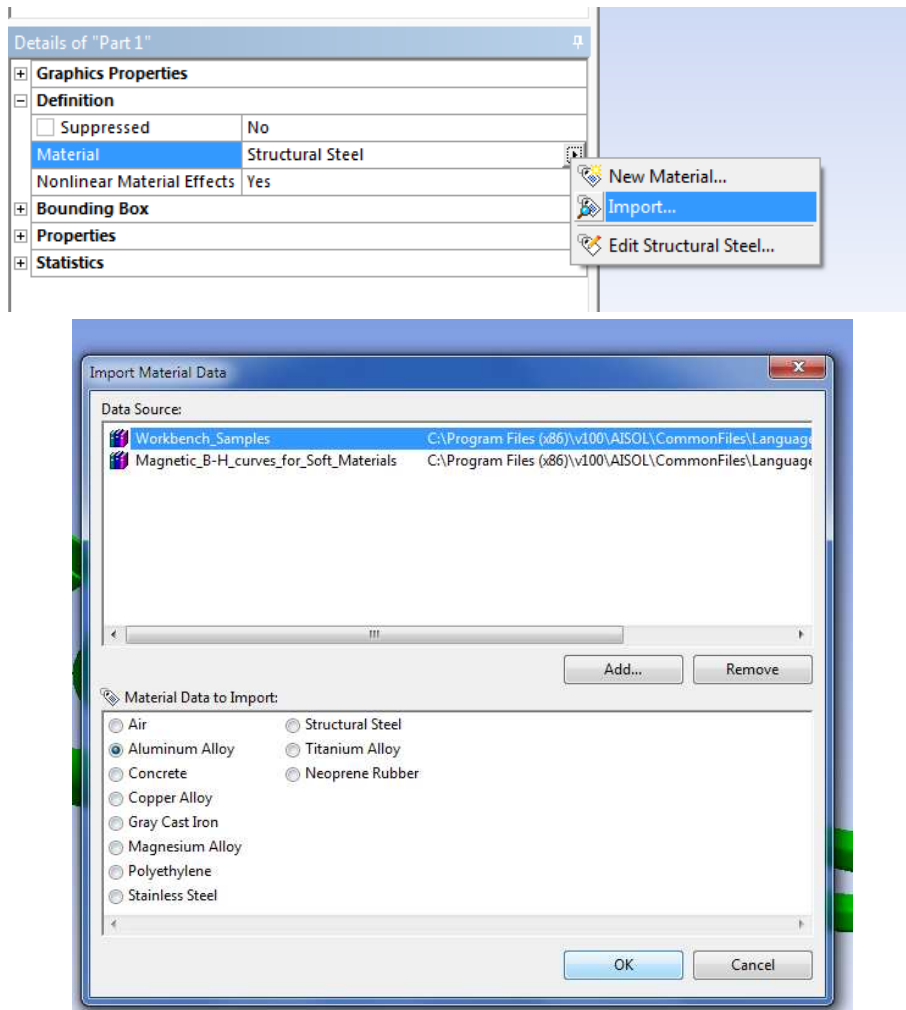
En el momento en que clickamos sobre la pestaña abrir, el programa se pone a trabajar para exportar el archivo igs hasta que el objeto introducido nos aparezca en la pantalla.

4º En este momento cuando el objeto que hemos exportado aparece en pantalla, llega la hora de definir el material del objeto u objetos. Ansys tiene una pequeña librería de materiales, cada uno con sus propiedades características. Cabe destacar que estos materiales pueden ser utilizados como base para crear otros nuevos, que en la librería no están disponibles. Para elegir el material del objeto hacemos lo siguiente:

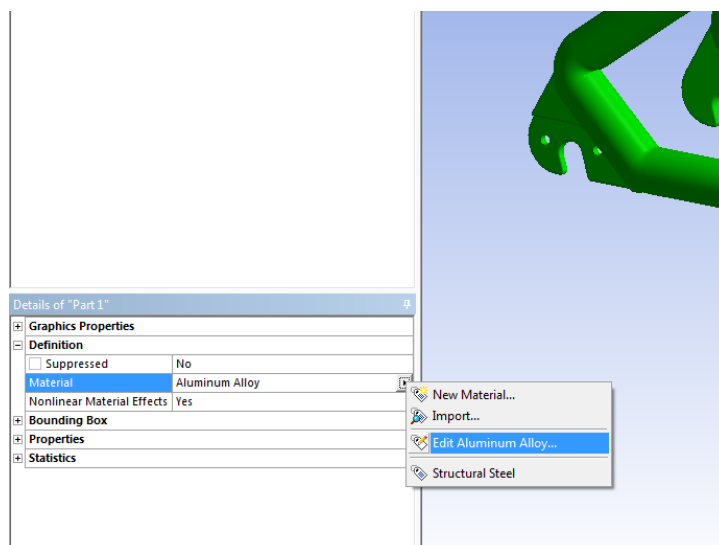
- En la parte de abajo a la izquierda hay una ventana donde aparecen diversas propiedades que podemos definir a nuestro objeto, una de ellas es el material. Ansys establece como material predeterminado para todos los objetos que introducimos Acero estructural (structural steel), pero este puede ser cambiado por otros disponibles en la librería del programa o modificado para crear otro nuevo. Para elegir el material vamos a la pestaña “**Definition**”, al apartado material y clickando donde pone structural steel, entonces aparece un menú desplegable con las opciones que podemos ver las siguientes imágenes:

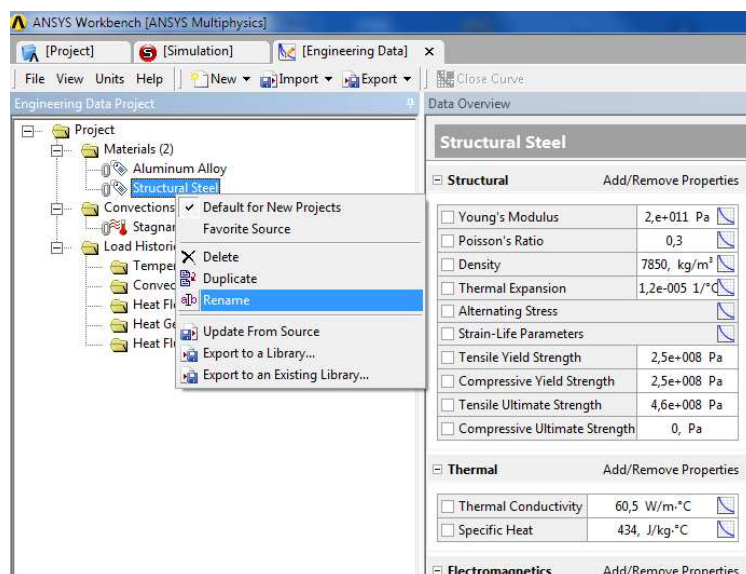
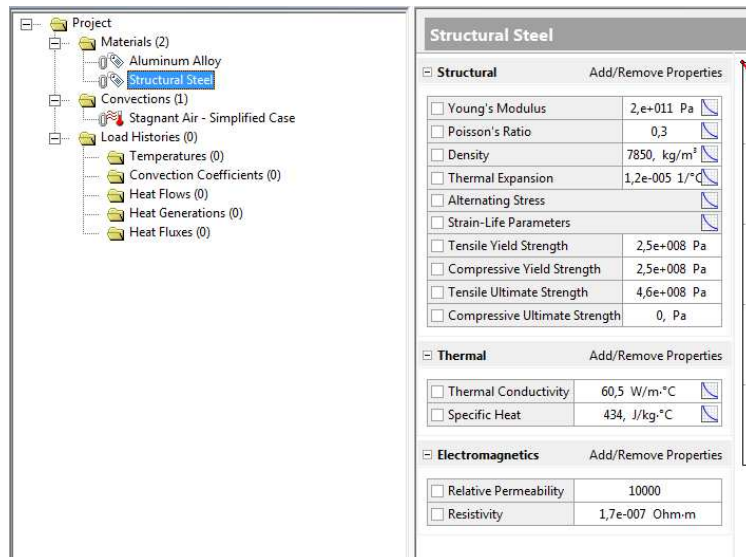
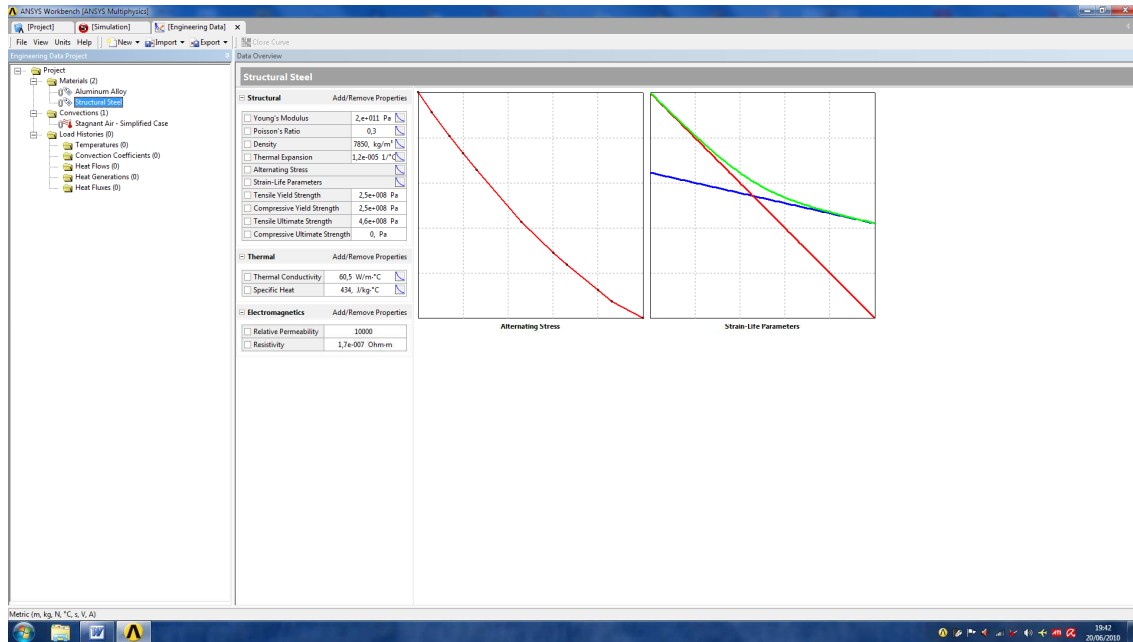


Lo siguiente que tenemos que hacer es elegir la opción **“Import”** para comprobar si el material que deseamos aplicar al objeto esta disponible, entonces aparece un cuadro de dialogo donde aparecen diferentes materiales, si queremos importar alguno solo tenemos que seleccionarlos para poder elegir cual aplicarle al objeto. A continuación se muestran dos imágenes explicativas de lo explicado en este párrafo.



Otra de las opciones es la de modificar un material existente, cambiando los datos, por ejemplo del acero estructural, después podemos cambiar su nombre por el del material correspondiente, y se aplica de igual forma que el anterior. Para modificar un material, pinchamos sobre la pestaña del material, elegimos “**edit**”, y aparece una ventana donde podemos modificar todos los datos del material para crear uno nuevo. A continuación se muestran varias imágenes de cómo modificar un material existente.



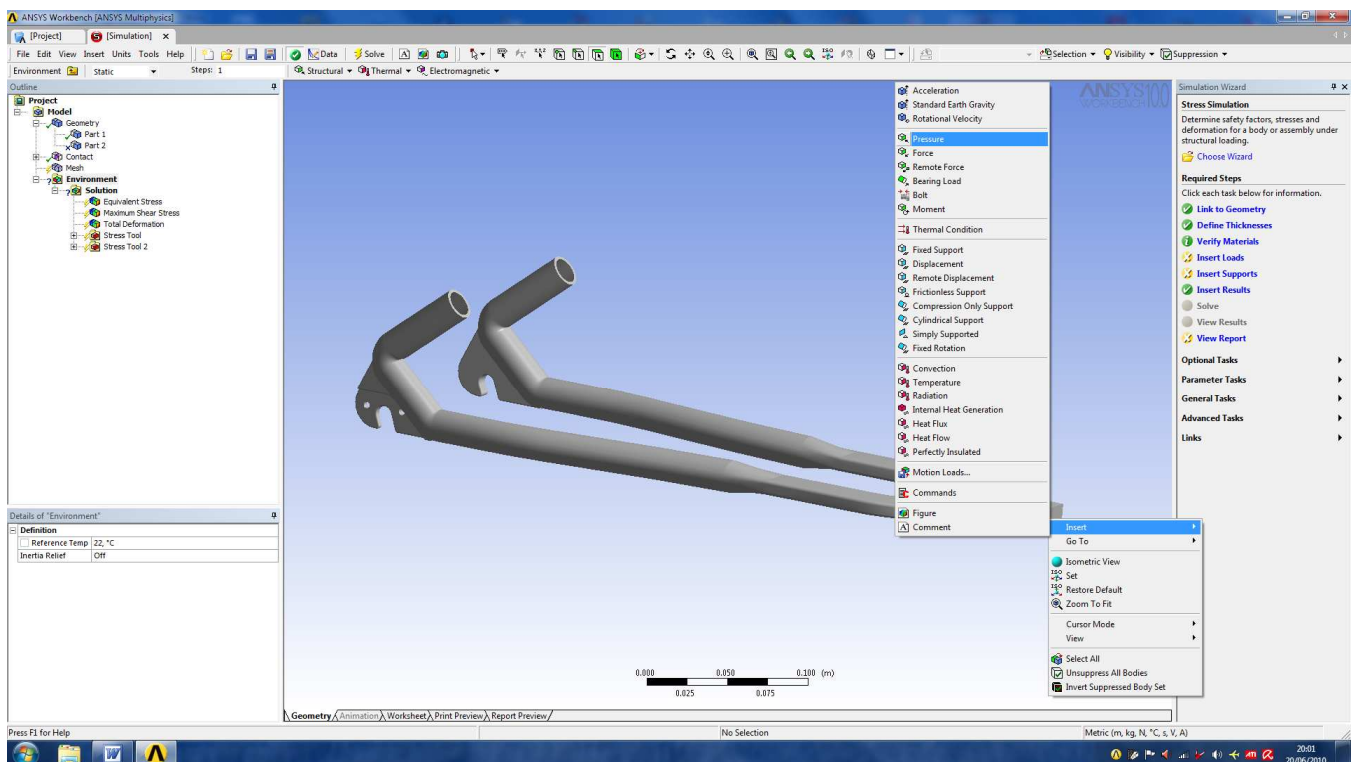


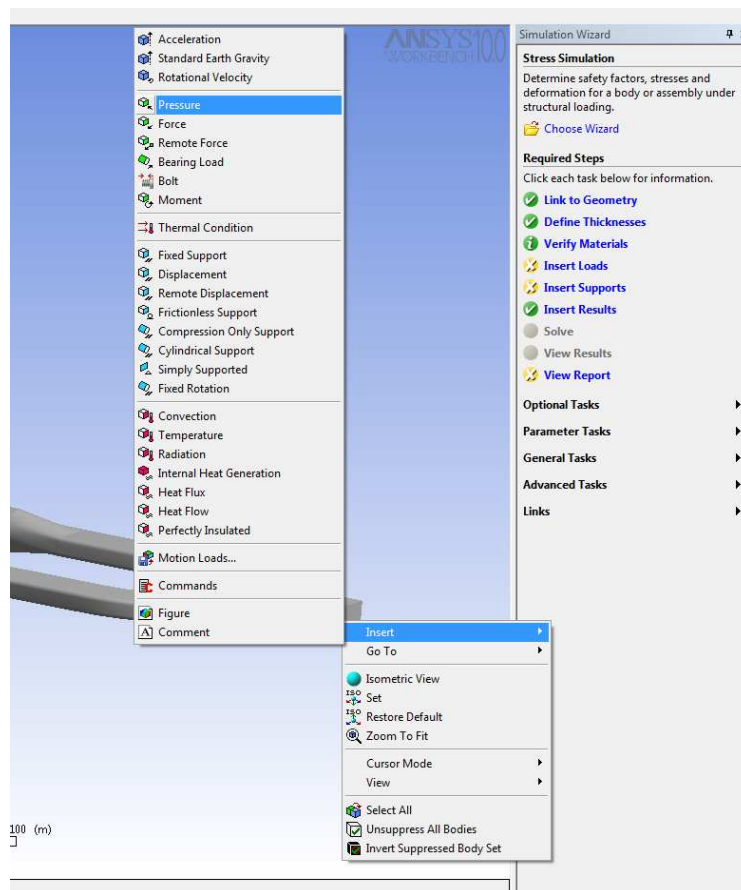
Con lo explicado en este punto podemos cambiar un material por otro disponible en la librería o modificar los datos de un material existente para crear otro nuevo.

5º Después hay que definir las cargas o fuerzas actuantes sobre la pieza, es decir, la pieza puede estar sometida a diferentes tipos de cargas, bien sea una presión sobre una superficie, una fuerza puntual, una fuerza remota, una fuerza debida al movimiento de un rodamiento o un momento. Utilizando directamente el método de simulación el paso del mallado de la pieza se salta, ya que el ordenador malla el objeto, o piezas, automáticamente una vez que le pidamos una solución.

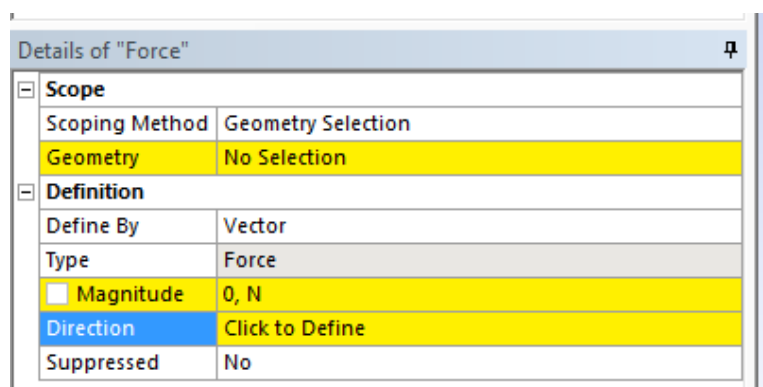
Para definir las cargas actuantes hacemos lo siguiente: con el botón derecho seleccionamos la superficie o punto donde queremos aplicar la fuerza. Al seleccionar el punto o superficie lo que aparece un menú desplegable, vamos a **“Insert”**, y en el nuevo menú desplegable que aparece elegimos el tipo de fuerza que queremos insertar.

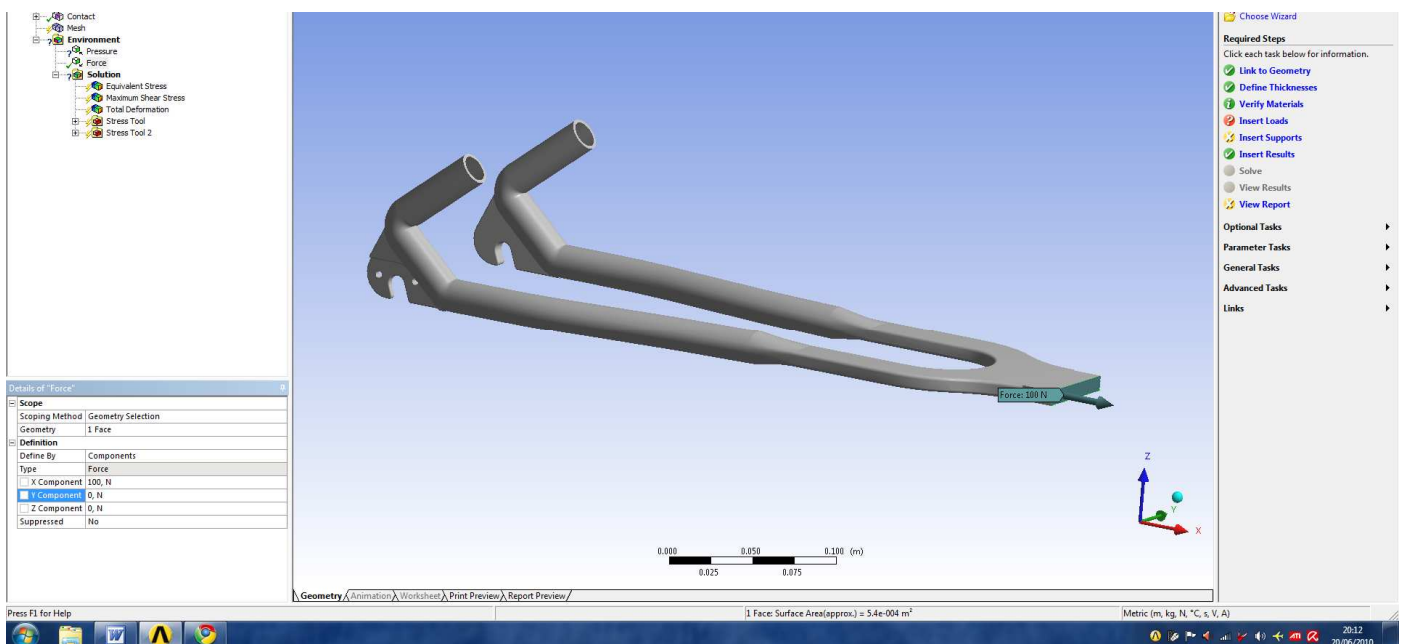
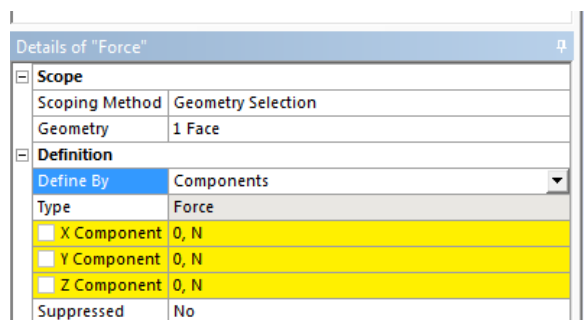
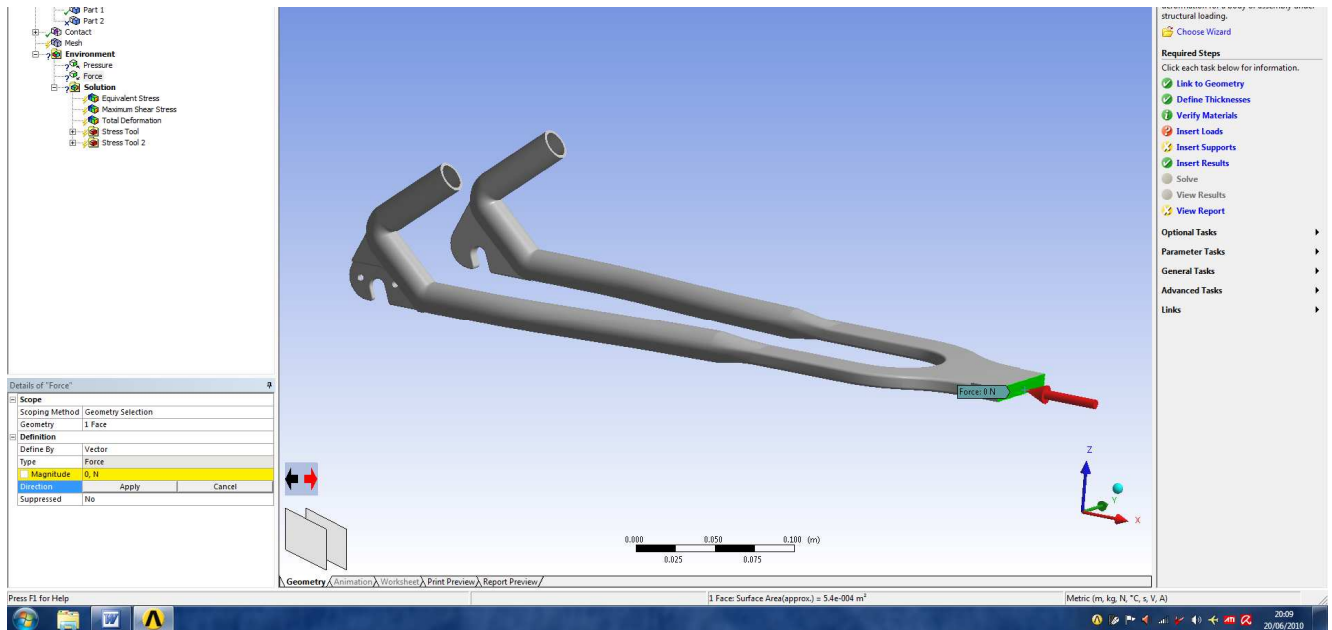
Para elegir varias superficies sobre las que actúa la misma fuerza solo hay que mantener el tecla Control (CTRL) del teclado e ir seleccionando con el botón izquierdo del ratón y en la última superficie hacer clic con el botón derecho del ratón, en ese momento hacemos lo mismo que si aplicáramos una sola fuerza. A continuación se muestra varias imágenes a modo de ejemplo.





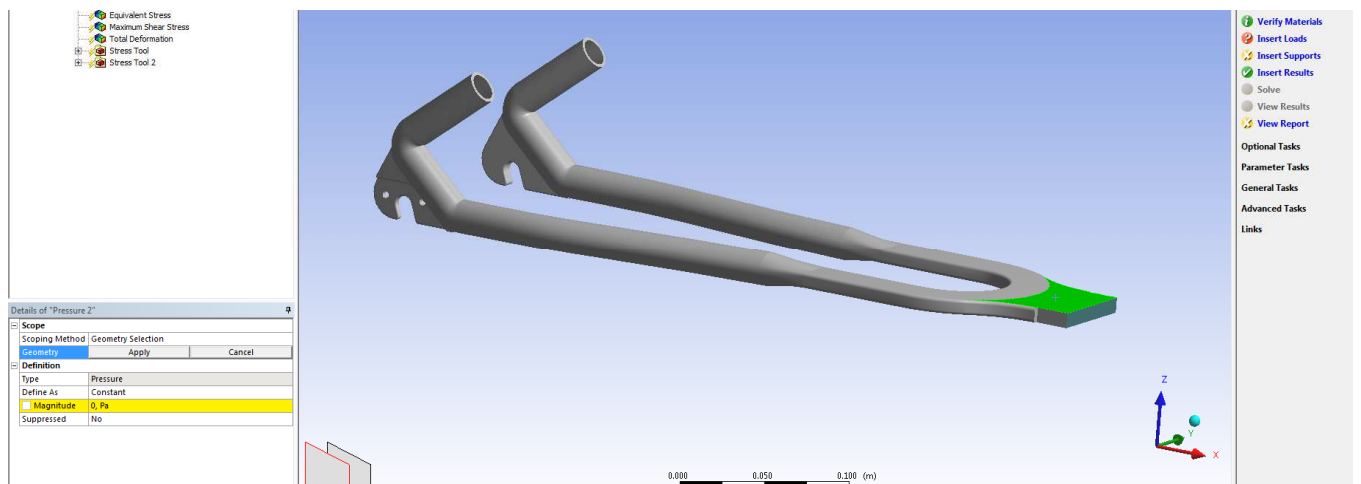
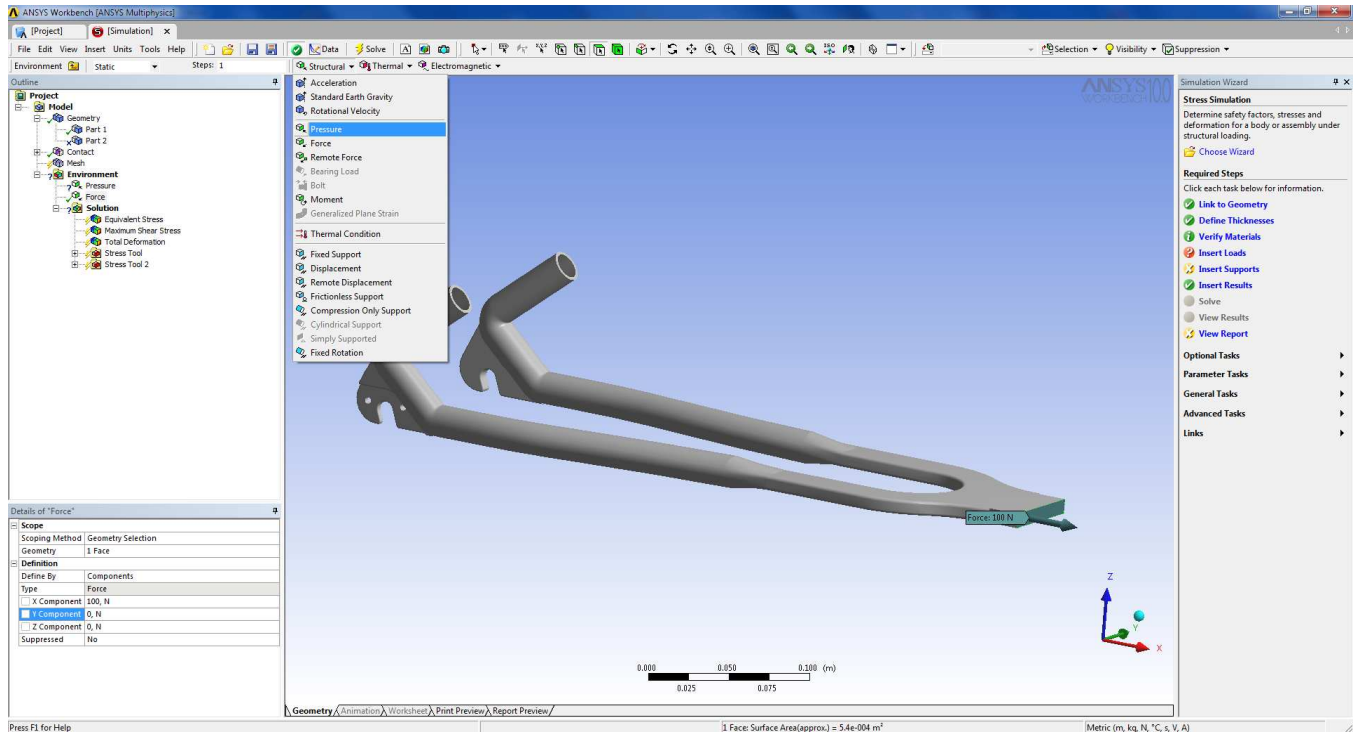
Una vez introducida la fuerza hay que seleccionar si es una fuerza vectorial o esta fuerza la introducimos mediante sus componentes en los ejes x,y,z. Si elegimos una fuerza vectorial, hay que indicar la dirección, además, por supuesto, de la magnitud de dicha fuerza, para definir su dirección clickamos sobre la opción de dirección y elegimos una superficie que defina la dirección del vector. Si elegimos una fuerza definida por sus componentes x,y,z solo tenemos que introducir los valores que en cada componente le corresponden a la fuerza que queremos aplicar sobre el objeto. El cuadro de diálogo para modificar estas opciones está en la parte izquierda de la pantalla, en la parte inferior. A continuación se muestran varias imágenes explicativas.





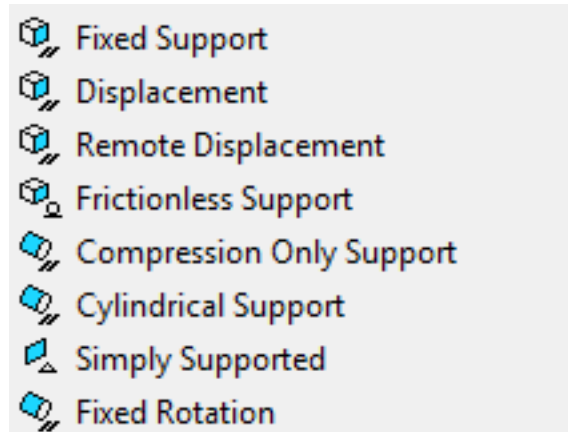
Con estas imágenes, se intenta explicar el caso vectorial (dos primeras imágenes) y el caso de fuerza introducida por componentes (dos últimas fotos).

Otra opción para introducir las fuerzas es la que nos va marcando el ayudante que tenemos en la parte derecha de la pantalla. Si seguimos sus indicaciones tenemos que elegir el tipo de fuerza en la barra superior y después eligiendo la superficie o punto donde se aplicaría la fuerza, además de introducir los datos de cada fuerza, como se puede ver en las siguientes imágenes.

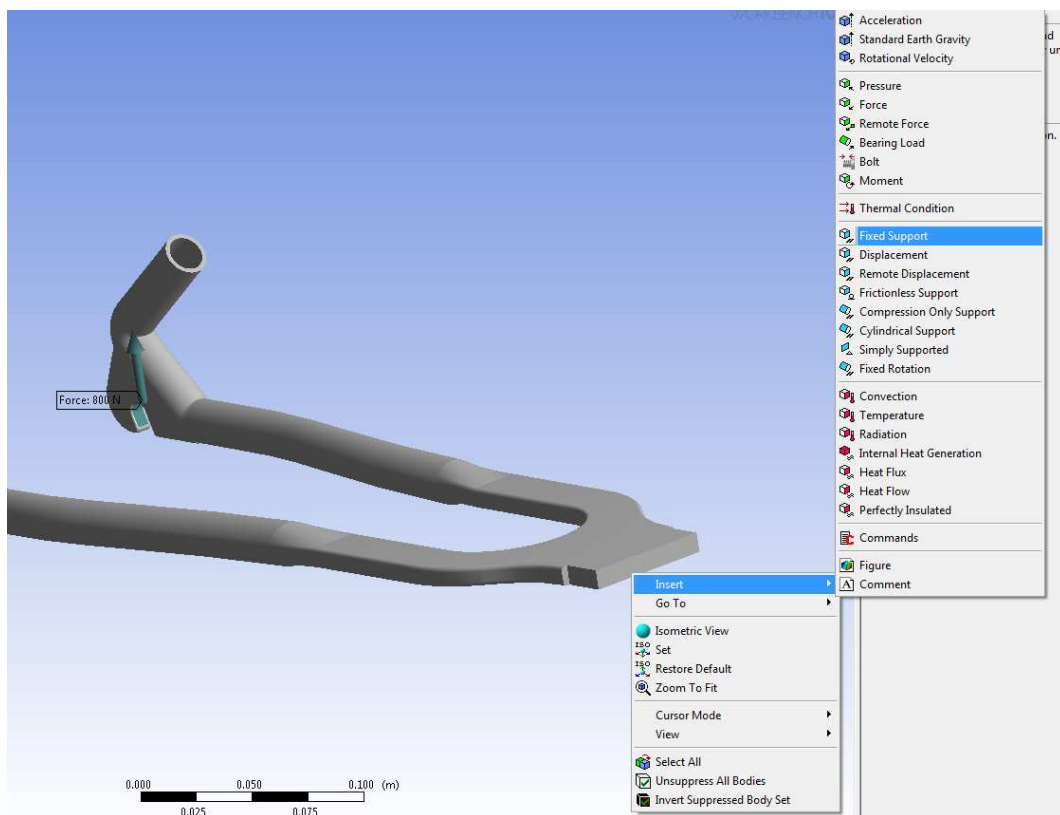


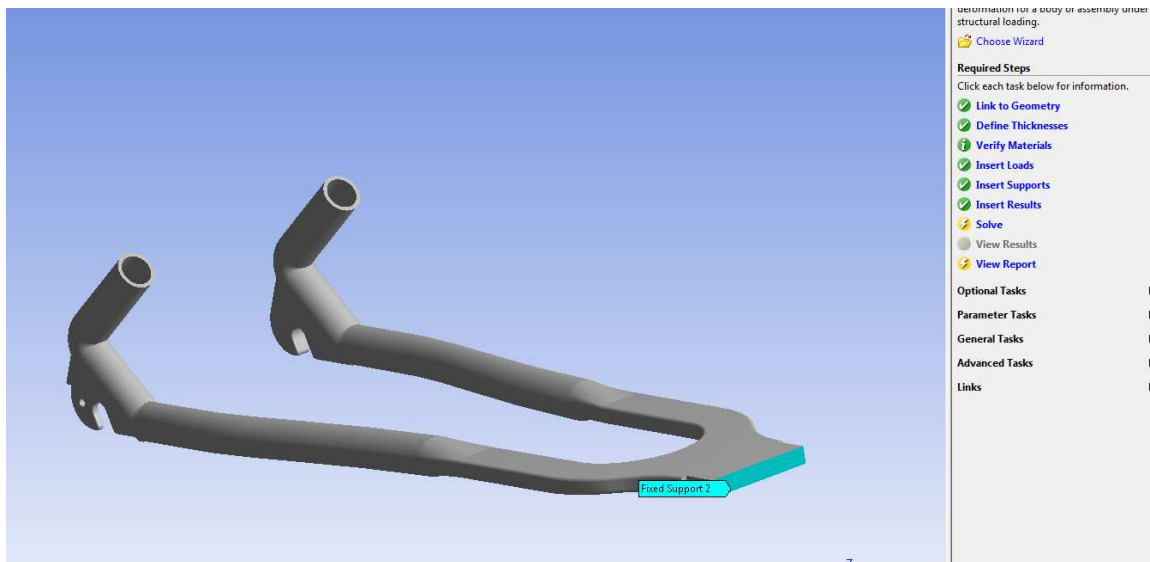
Con esta explicación se intenta explicar al lector o usuario de este manual como introducir las fuerzas mediante dos métodos diferentes, teniendo los dos al final el mismo resultado.

6º Lo siguiente que tenemos que definir son los puntos de apoyo, o puntos que permanecen fijos al aplicar la fuerza. Estos soportes pueden ser de varios tipos, podemos elegir el que mejor nos simule el funcionamiento o situación real del objeto, como se muestra en la siguiente imagen.



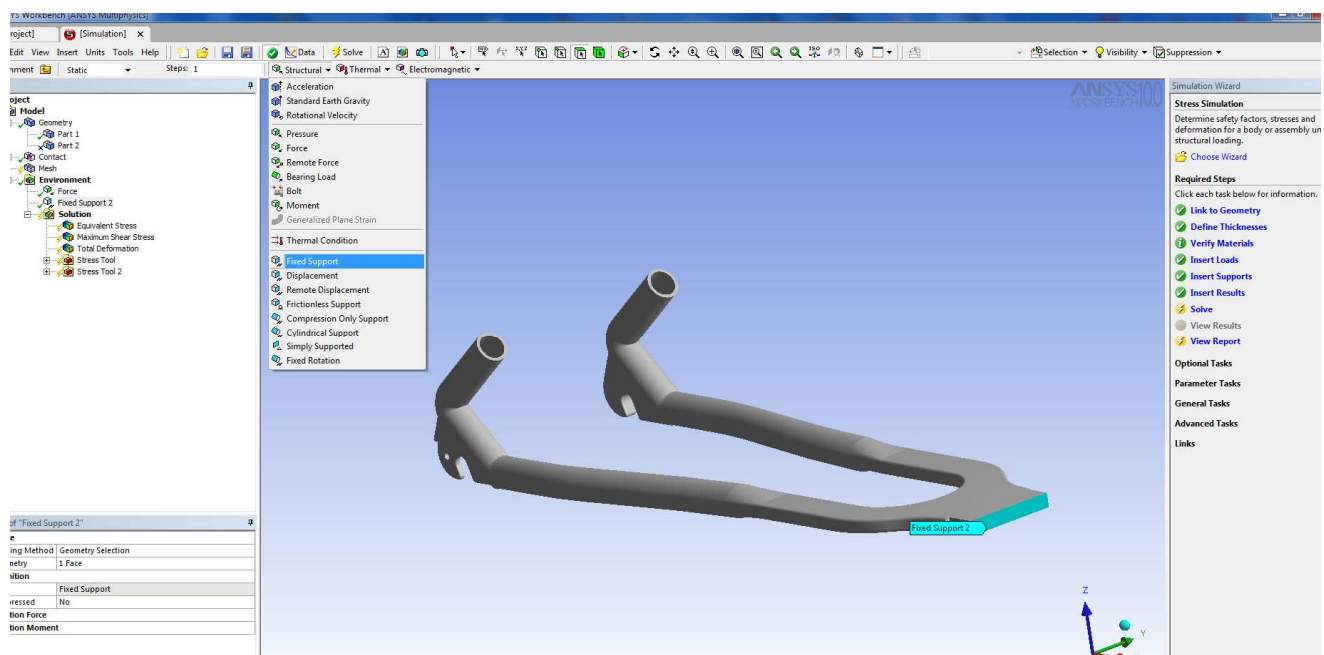
Para seleccionar o aplicar el tipo de soporte en un punto o cara de un objeto solo tenemos que seleccionarlo con el botón izquierdo del ratón, luego con el derecho y elegir en el menú la opción **“Insert”** y en el nuevo menú desplegable el soporte que deseemos. Para elegir varias superficies, puntos o caras se hace igual que en el caso de una fuerza, con la tecla Control (CTRL) presionada y seleccionando con el botón izquierdo del ratón las superficies o puntos que deseemos.

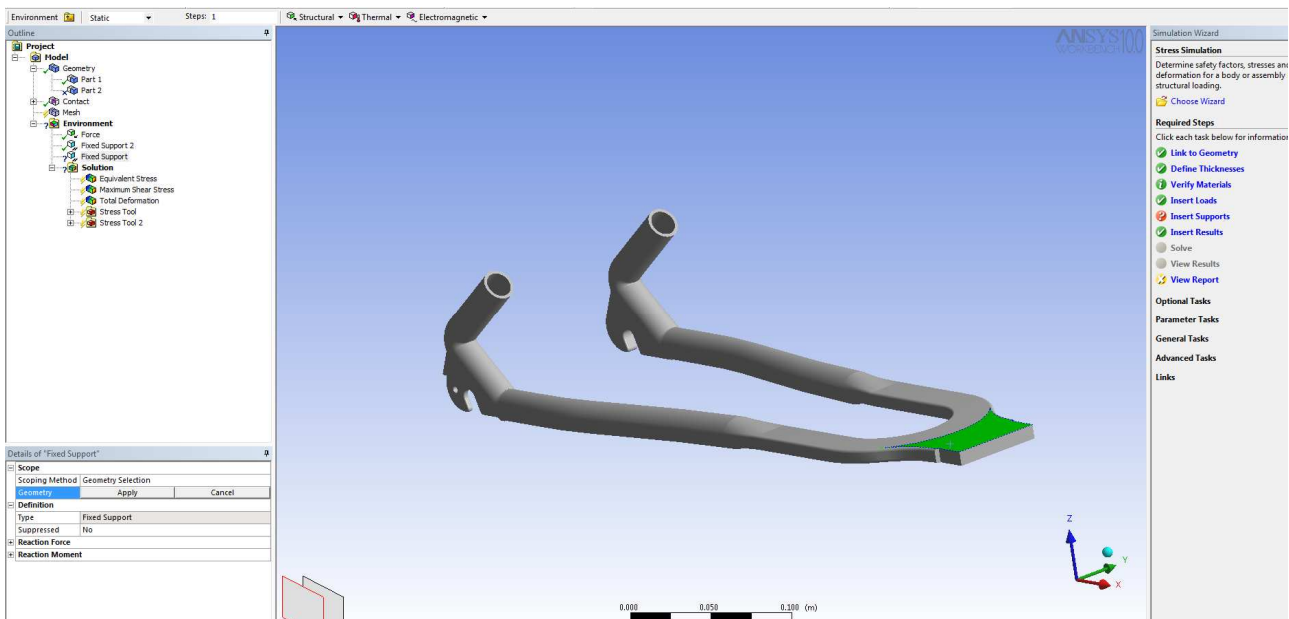




Como podemos ver en la imagen anterior, ya tenemos definidas la geometría, el material del objeto, las cargas y los soportes, por lo tanto solo falta proceder a resolver el problema por parte del ordenador.

Como en el punto anterior, en el caso de las cargas o fuerzas, también se pueden introducir los soportes de otra manera. En el menú superior pinchamos sobre la pestaña **“Structural”** y elegimos el soporte que deseemos, después elegimos la superficie o cara sobre la que aplicamos esa restricción y ya está definido el soporte, a continuación se muestran dos imágenes explicativas.

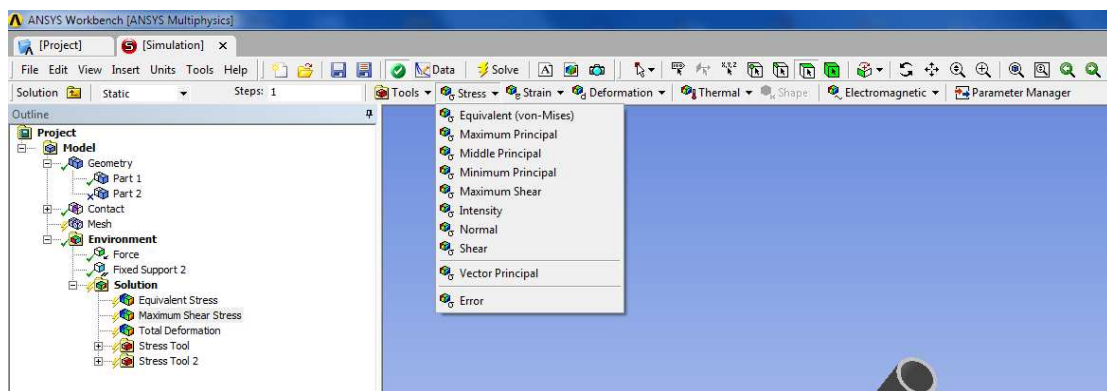


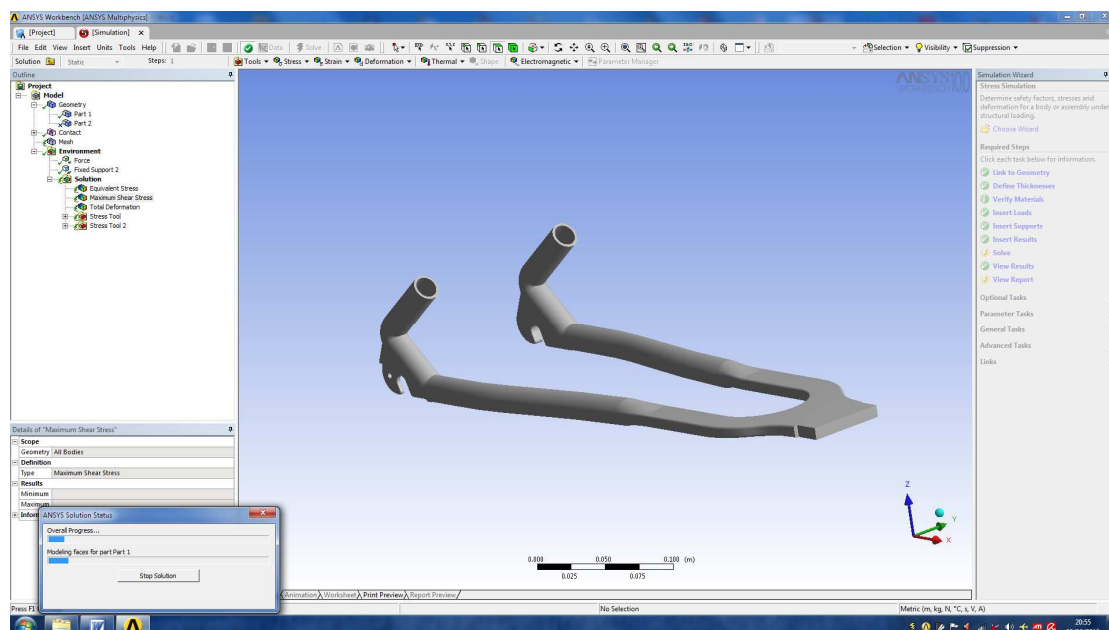
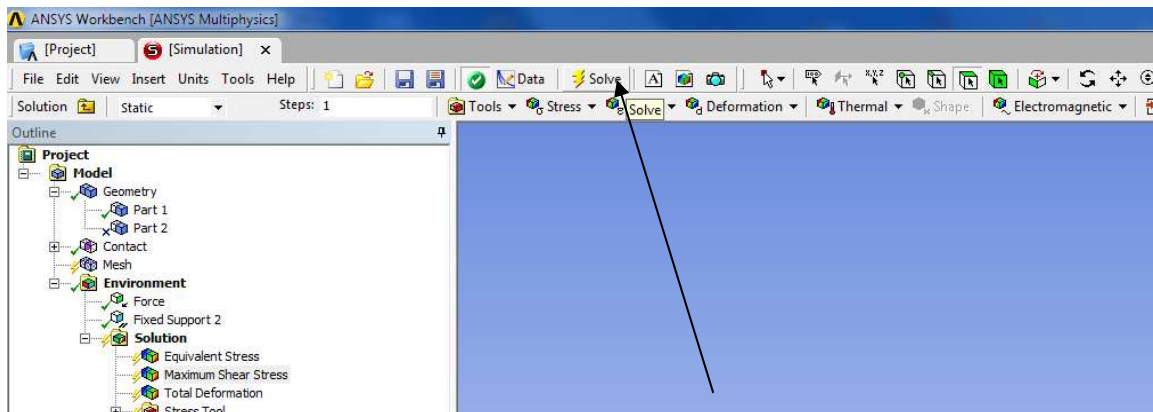
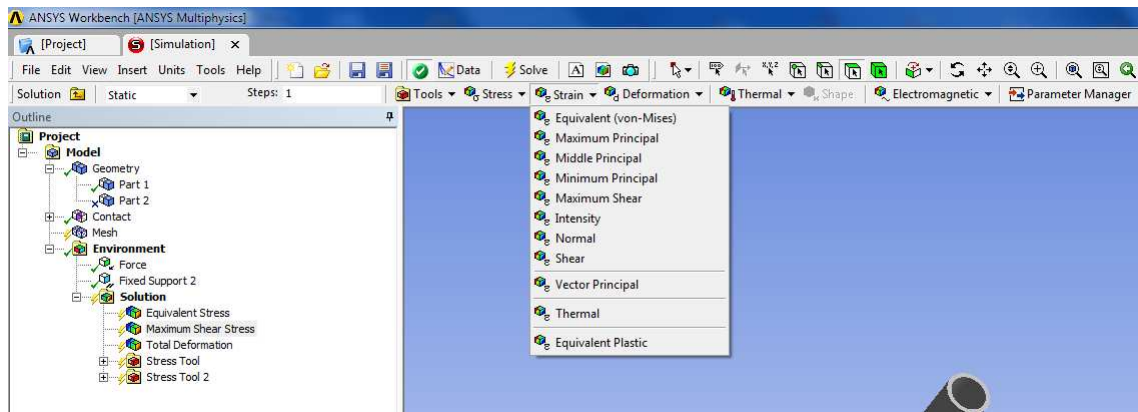


7º Después de los pasos anteriores solo queda que el ordenador nos de una solución y en base a ellas comprobemos si el objeto aguanta o no, y por lo tanto si es válido o no.

En la barra superior del menú tenemos varias pestañas, mediante las cuales podemos introducir diferentes casos o métodos de tracción y deformación. Al elegir las y pedirle al ordenador que resuelva el problema planteado nos dará una solución para cada caso. Como en este caso hemos seleccionado una simulación estructural y el programa automáticamente nos indica que calculará las soluciones de tensión equivalente de Von Mises, la deformación total y la máxima tensión cortante, no hace falta que le pidamos ninguna variante más ya que con ellas podemos comprobar si el objeto aguantará o no.

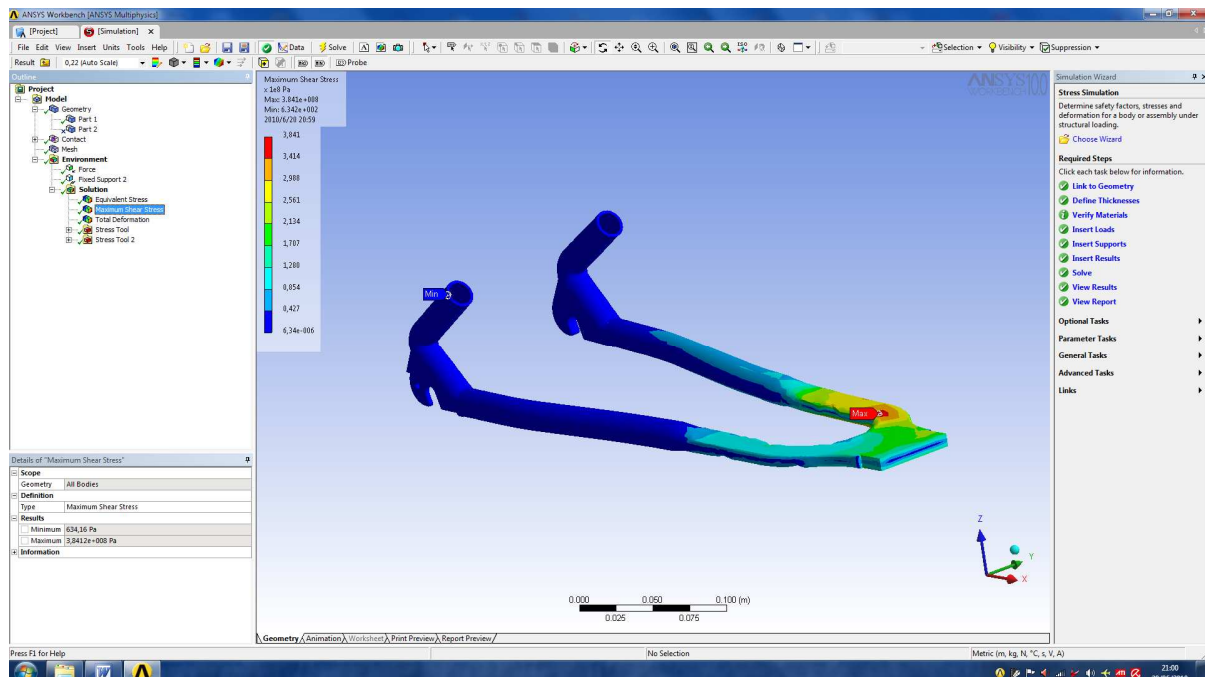
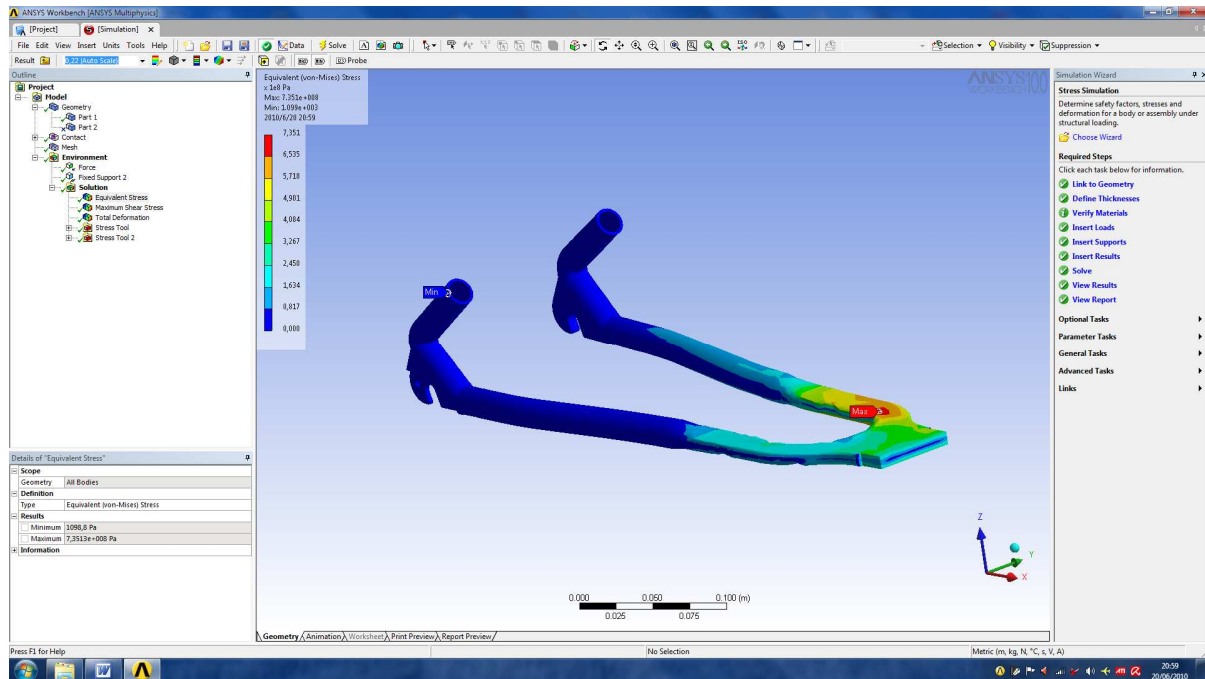
Para que el ordenador calcule el resultado solo tenemos que pinchar sobre la pestaña “**Solve**” de la barra de herramientas superior. A continuación se muestran varias imágenes explicativas.

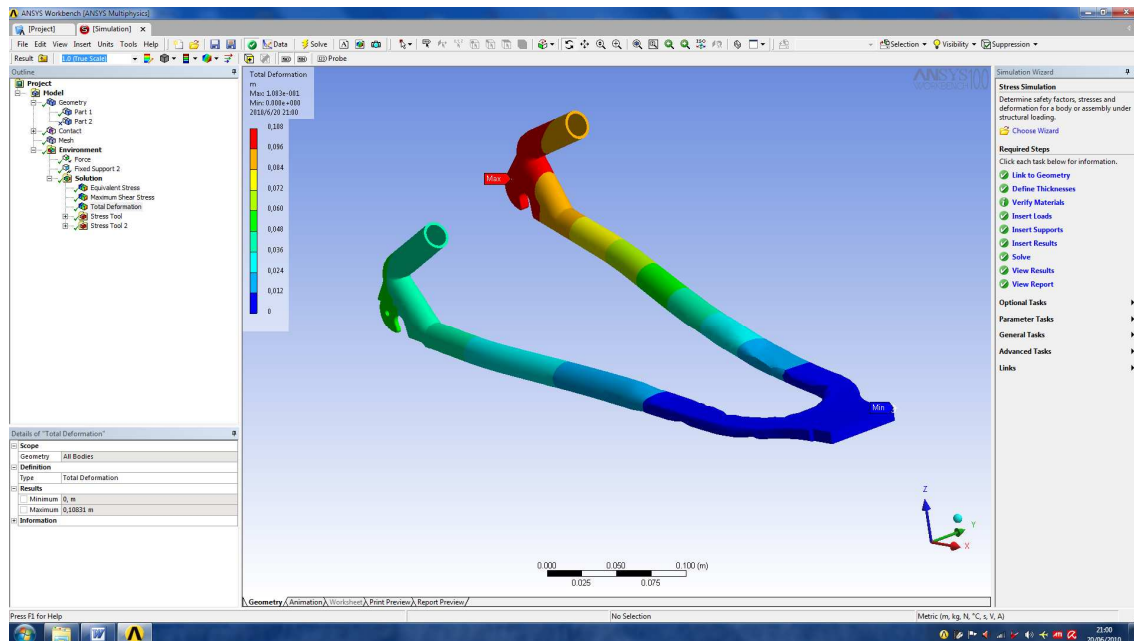




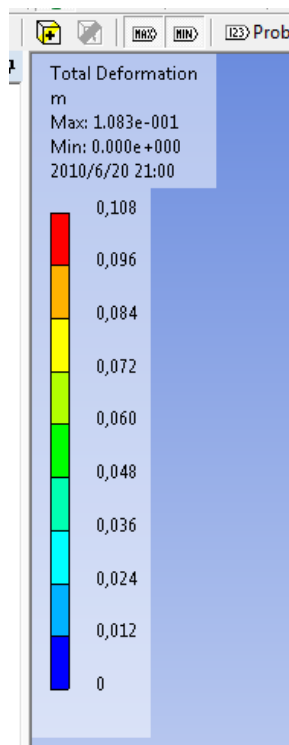
8º Por último solo quedan por ver los resultados proporcionados por el programa y con ellos comprobar la validez del objeto que hemos diseñado para su uso correspondiente.

Pinchando sobre las diferentes opciones de resultado que hemos seleccionado para que el programa solucione podemos ver gráficamente el resultado y sus valores. A continuación se muestran los resultados de tensión equivalente de Von Mises, máxima tensión cortante y deformación total.



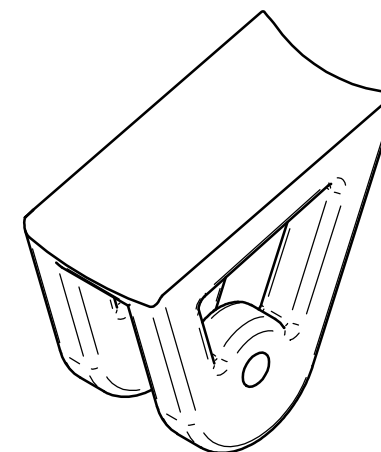
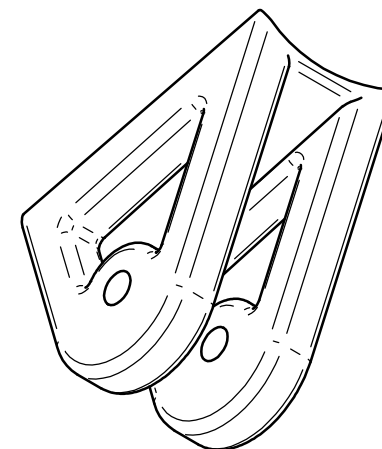
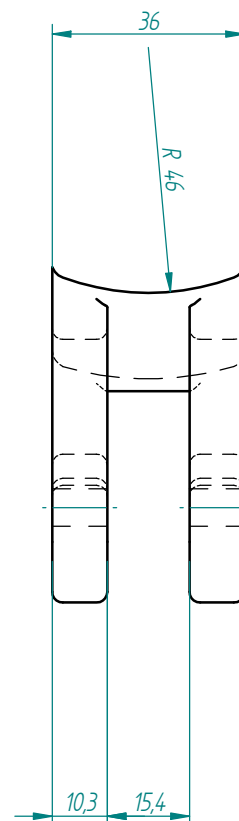
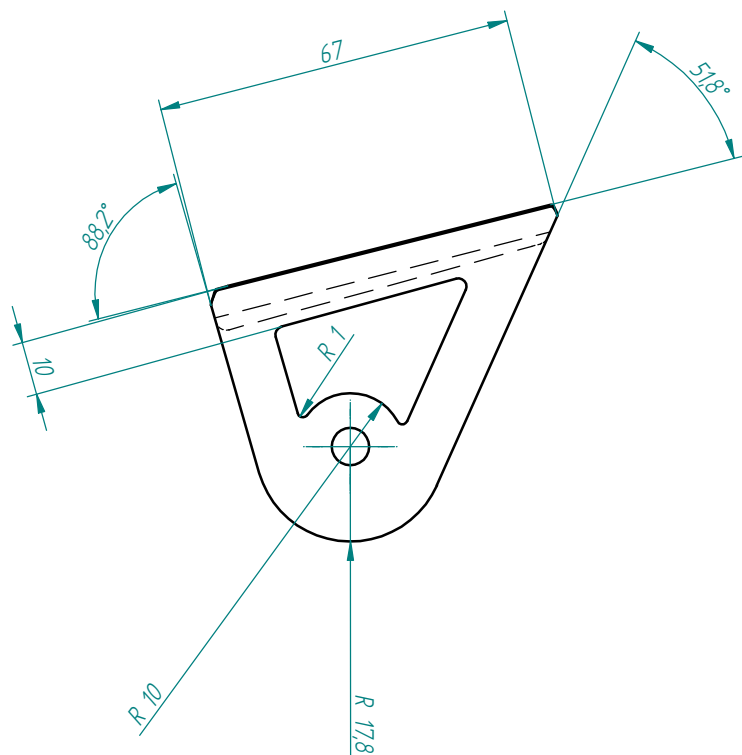
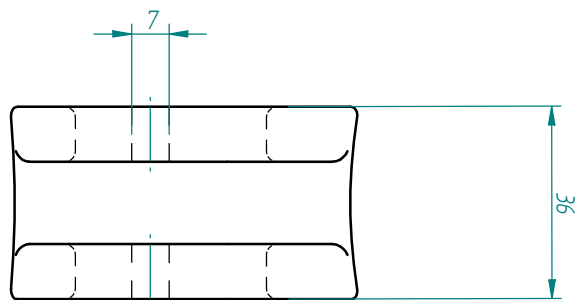


Hay que fijarse en los valores de la escala de colores para cada solución, ya que una solución aparezca en rojo significa que es el lugar que más tensión soporta el cuerpo o la máxima deformación.

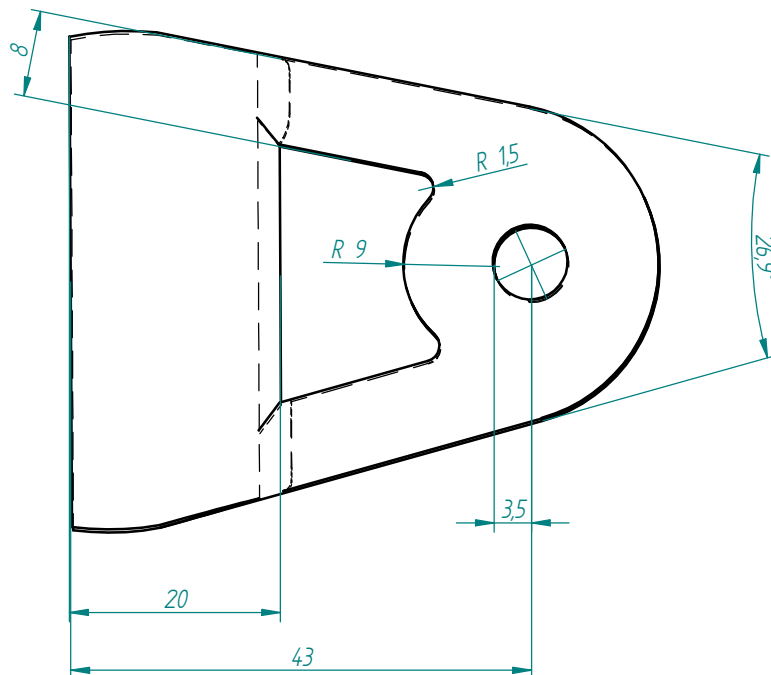
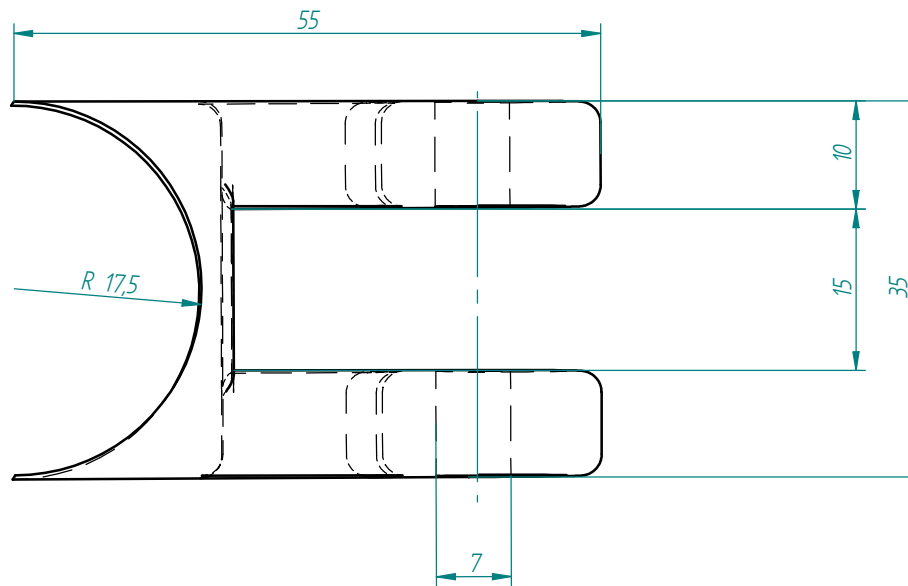


Con esto se da por finalizado el manual para las simulaciones correspondientes al comportamiento estructural de un objeto debido a la aplicación de diferentes fuerzas sobre dicho objeto.

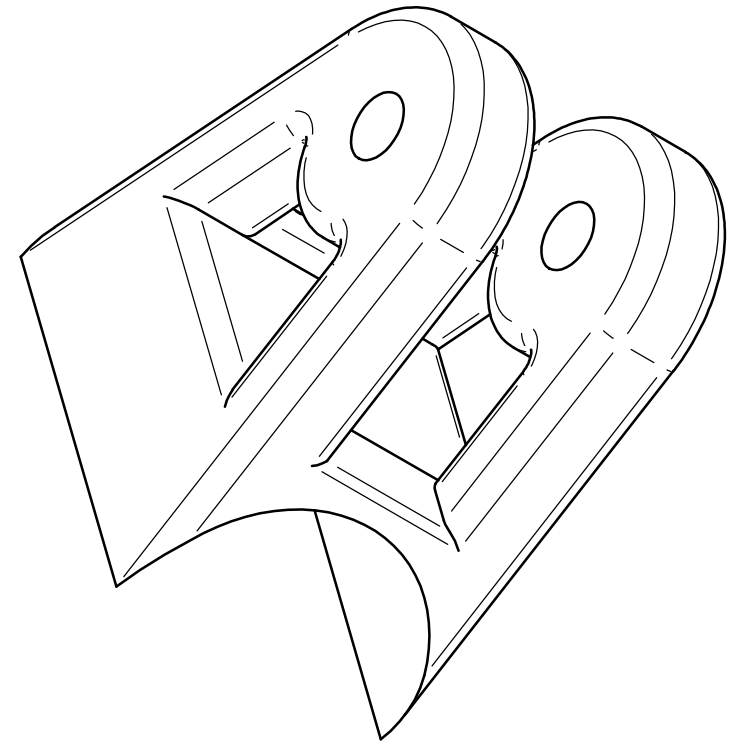
Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado



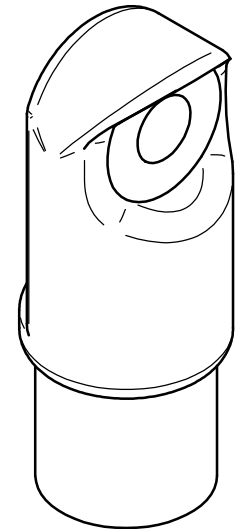
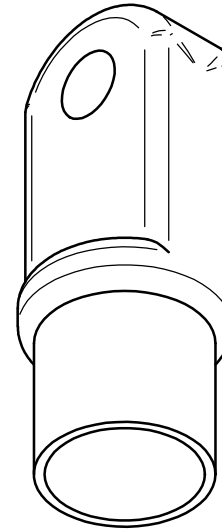
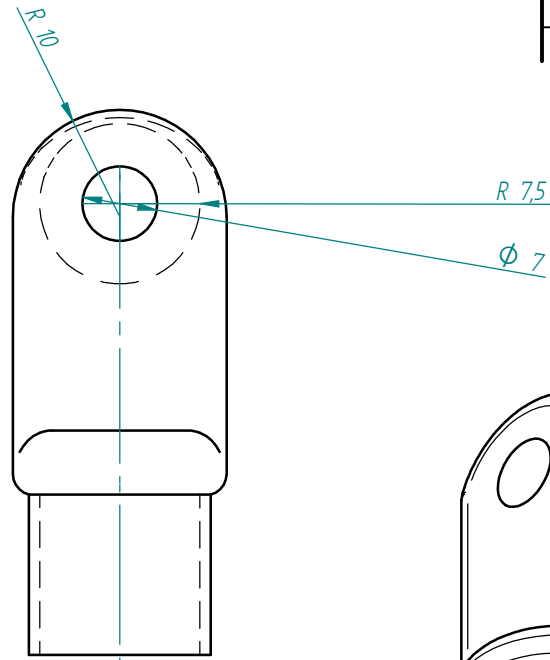
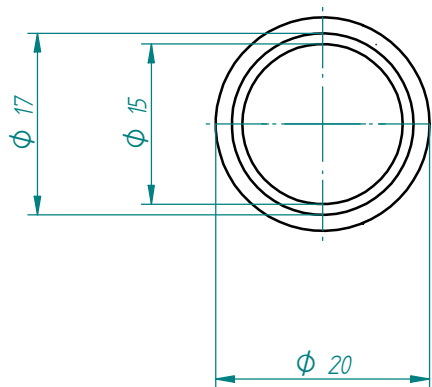
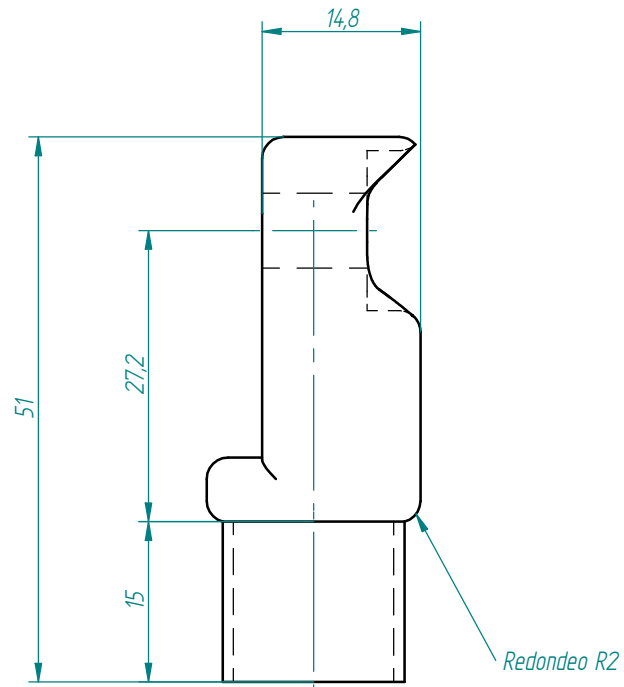
	Nombre	Fecha	<div>SOLID EDGE</div> <div>EDS-PLM SOLUTIONS</div>		
Dibujado	Javier Garcia	7/07/10			
Comprobado			Título <i>Diseño de un cuadro de bicicleta de montaña</i>		
Aprobado 1					
Aprobado 2					
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0,5 y ±1°			A3	Plano <i>Amarre amortiguador 2</i>	Rev
			Archivo: <i>amarre amortiguador superior.dft</i>		
			Escala 1:1	Peso	Hoja 1 de 1



Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado



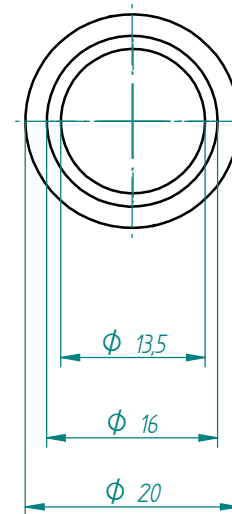
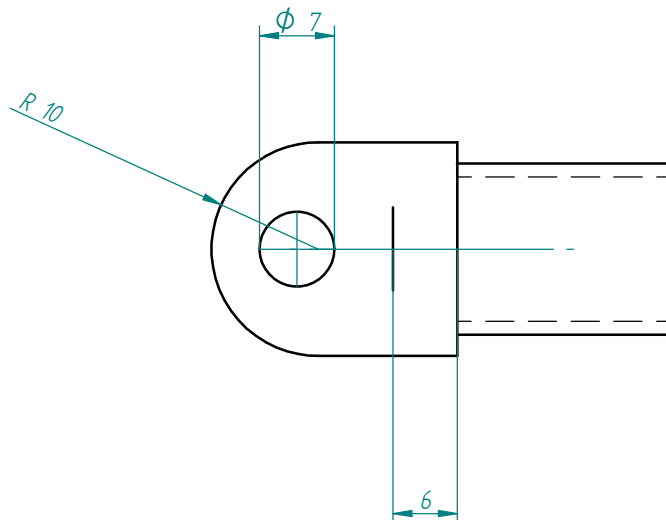
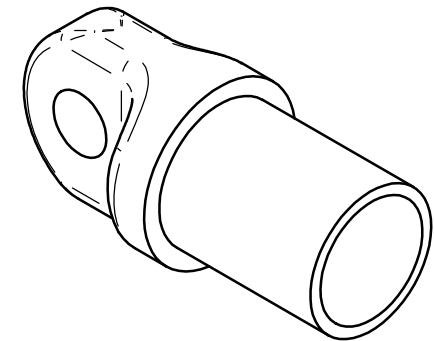
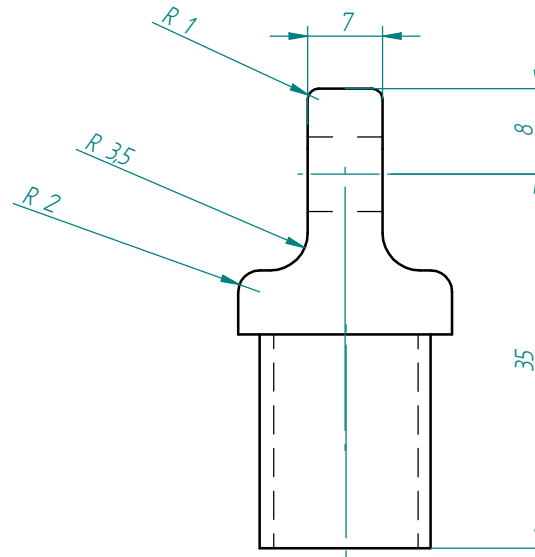
	Nombre	Fecha	<div>SOLID EDGE</div> <div>EDS-PLM SOLUTIONS</div>		
Dibujado	Javier García	7/07/10			
Comprobado					
Aprobado 1					
Aprobado 2			Título <i>Diseño del cuadro de una bicicleta de montaña</i>		
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0,5 y ±1°			A3	Plano <i>Amarre amortiguador 1</i>	Rev
			Archivo: <i>Amarre tubo vertical.dft</i>		
			Escala <i>2:1</i>	Peso	Hoja 1 de 1



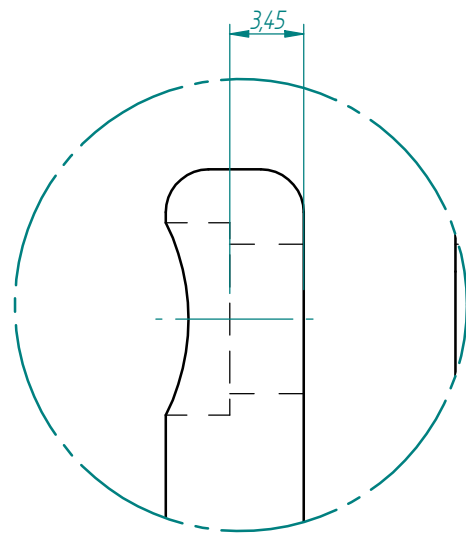
Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado

Nombre	Fecha	SOLID EDGE EDS-PLM SOLUTIONS	
Dibujado	Javier Garcia		
Comprobado		Título <i>Diseño de un cuadro de bicicleta de montaña</i>	
Aprobado 1			
Aprobado 2			
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0,5$ y $\pm 1^\circ$		A3	Rev
		Plano <i>Anclaje balancín</i>	
		Archivo: <i>Anclaje balancin 1.dft</i>	
Escala 2:1		Peso	Hoja 1 de 1

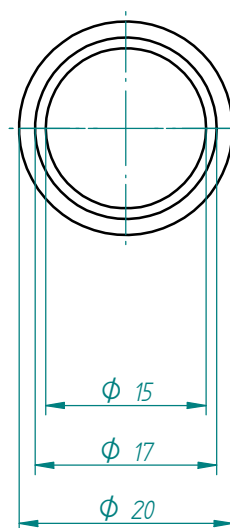
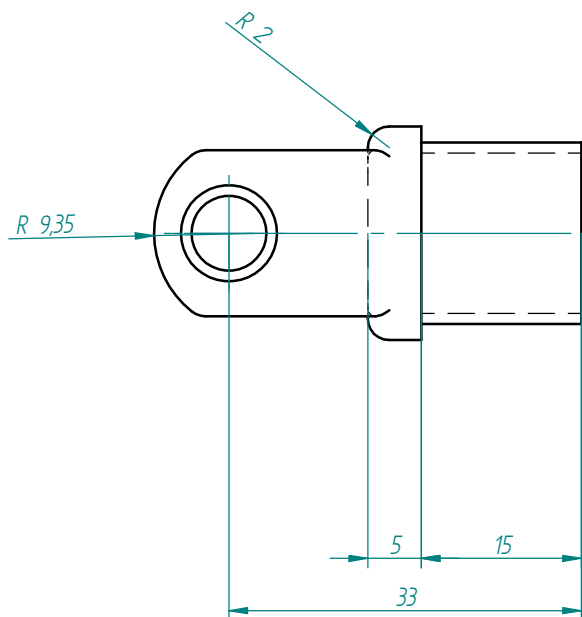
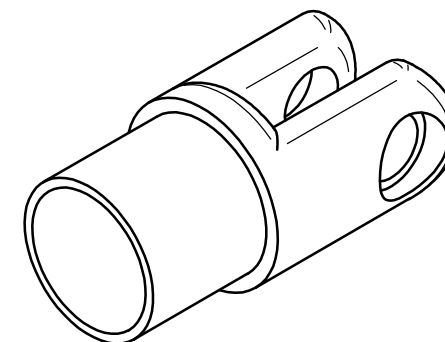
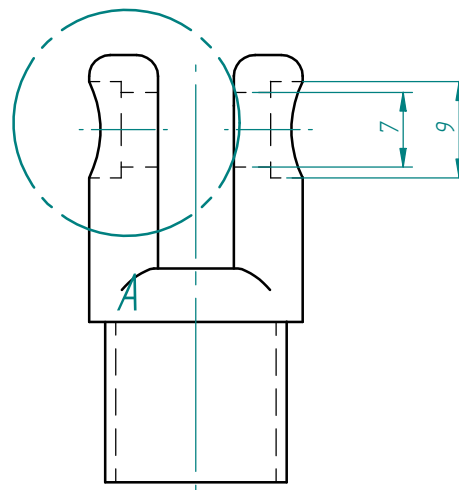
Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado



Nombre	Fecha	SOLID EDGE EDS-PLM SOLUTIONS	
Dibujado	Javier Garcia		
Comprobado		Título <i>Diseño de un cuadro de bicicleta de montaña</i>	
Aprobado 1			
Aprobado 2		A3 Plano <i>Anclaje basculante 1</i> Rev	
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0,5$ y $\pm 1^\circ$		Archivo: <i>Anclaje basculante 1(2).dft</i>	
		Escala 2:1	Peso Hoja 1 de 1



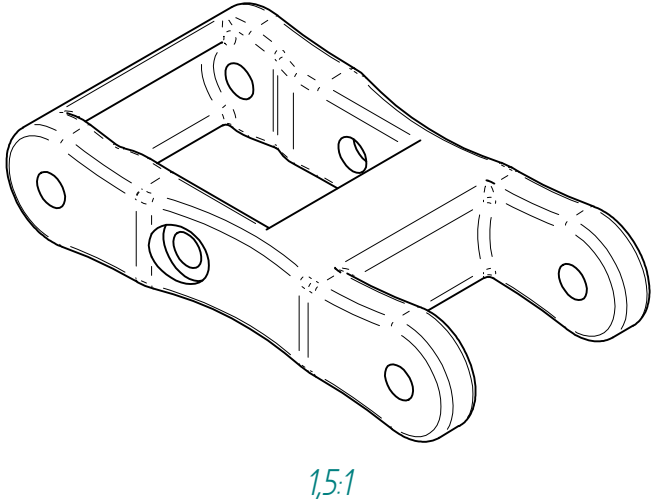
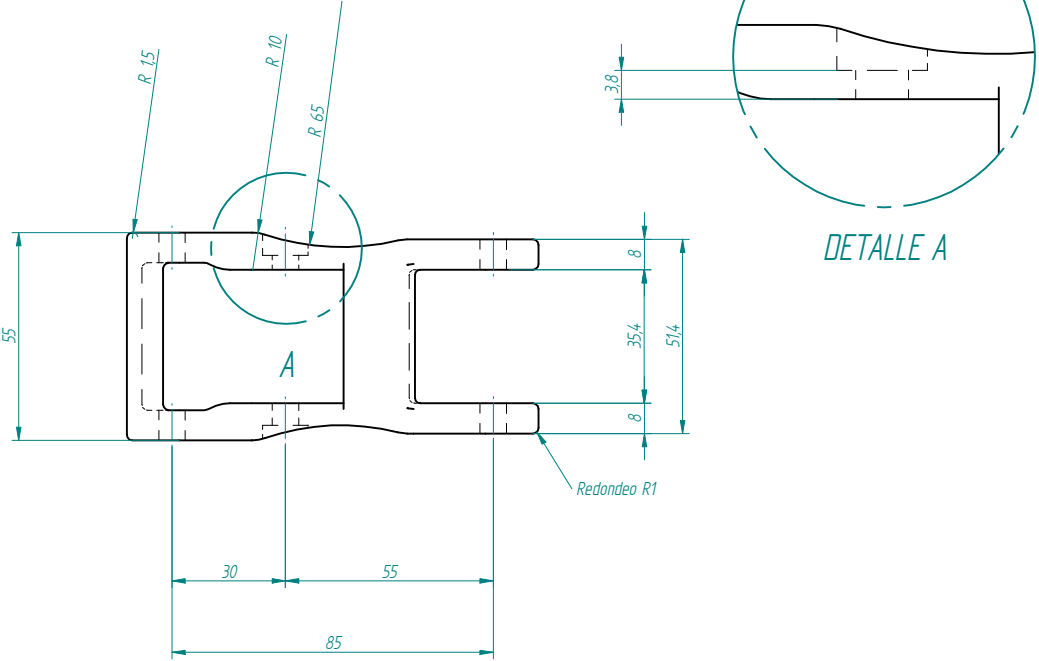
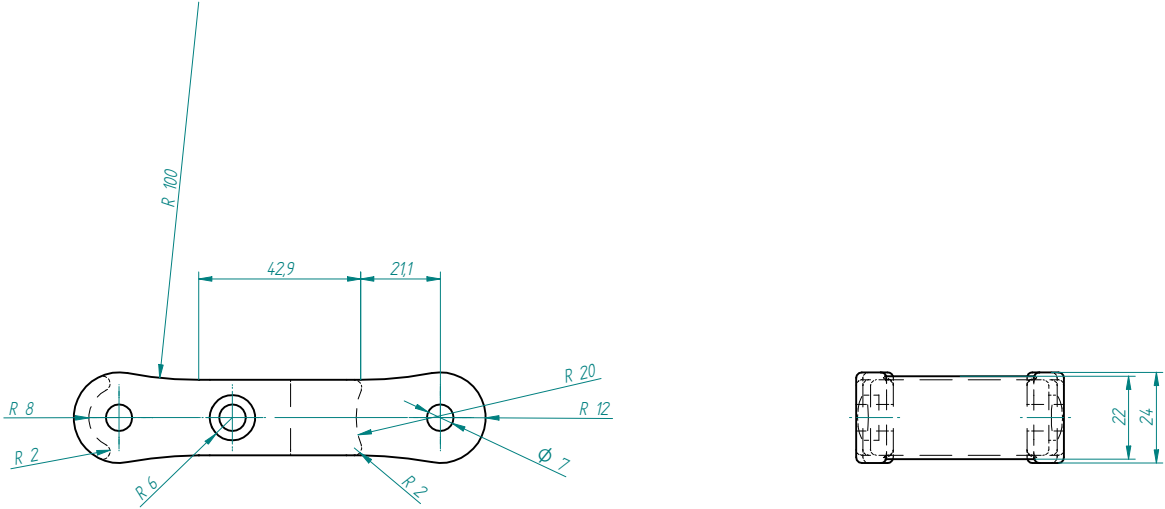
DETALLE A



Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado

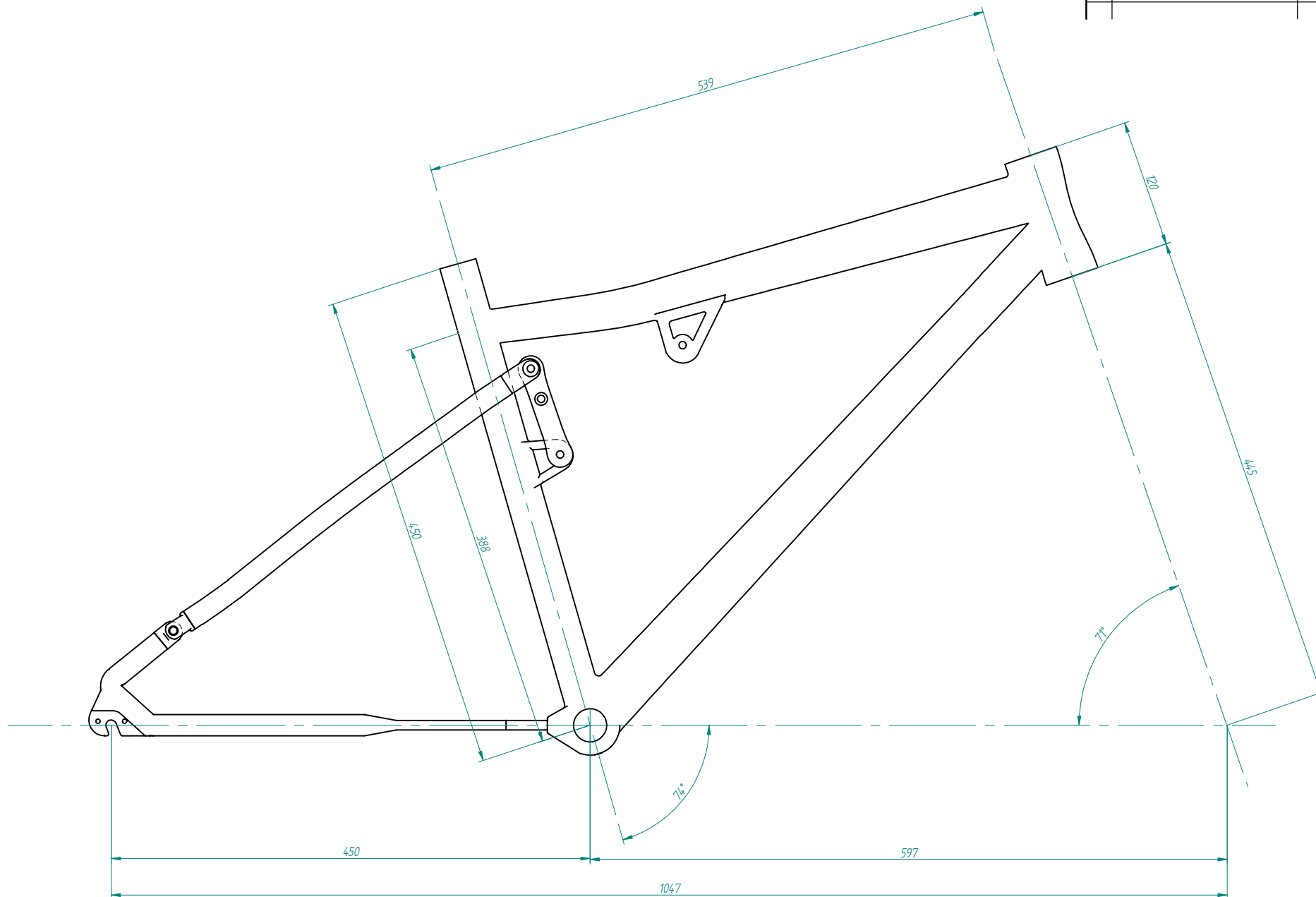
Nombre	Fecha	SOLID EDGE EDS-PLM SOLUTIONS	
Dibujado	Javier Garcia		
Comprobado		Título <i>Diseño de un cuadro de bicicleta de montaña</i>	
Aprobado 1			
Aprobado 2		A3 Plano <i>Anclaje basculante 2</i> Rev	
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0,5$ y $\pm 1^\circ$		Archivo: <i>Anclaje basculante 2 (2).dft</i>	
		Escala 2:1	Peso Hoja 1 de 1

Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado

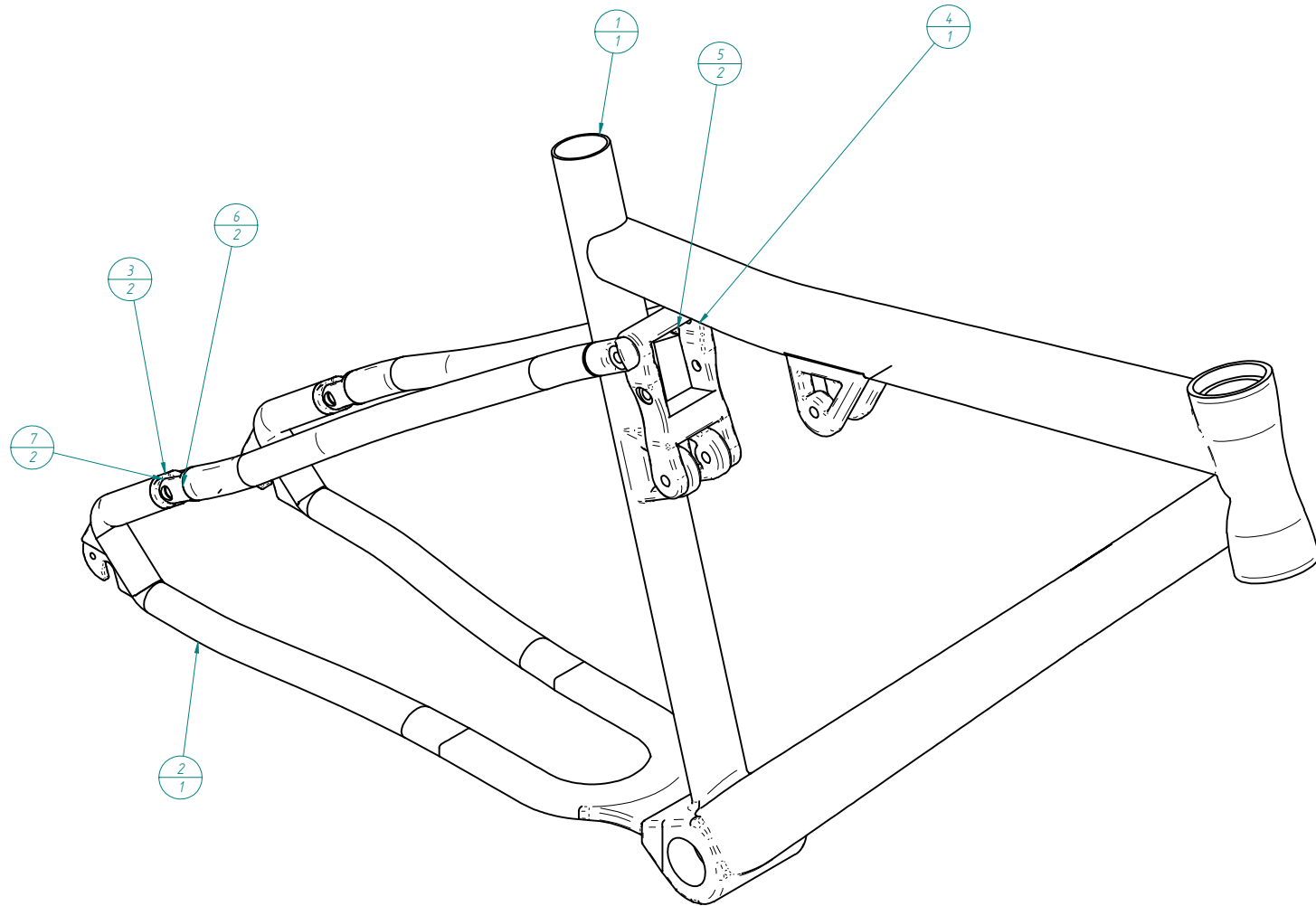


Nombre	Fecha	SOLID EDGE	
Dibujado	Javier Garcia	EDS-PLM SOLUTIONS	
Comprobado		Título	
Aprobado 1		Diseño de un cuadro de bicicleta de montaña	
Aprobado 2		Rev	
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0,5$ y $\pm 1^\circ$		A2	Plano
		Balancín amortiguador	
		Archivo: Balancín amortiguador 3.dft	
		Escala	1:1
		Peso	Hoja 1 de 1

Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado



Nombre	Fecha	SOLID EDGE EDS-PLM SOLUTIONS	
Dibujado	Javier García		
Comprobado			
Aprobado 1			
Aprobado 2		Título <i>Diseño de un cuadro de bicicleta de montaña</i>	
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0,5 y ±1°		A2	Plano <i>Geometría Cuadro bicicleta</i>
		Archivo: Planos geometria.dft	
		Escala 1,25	Peso
		Hoja 1 de 2	

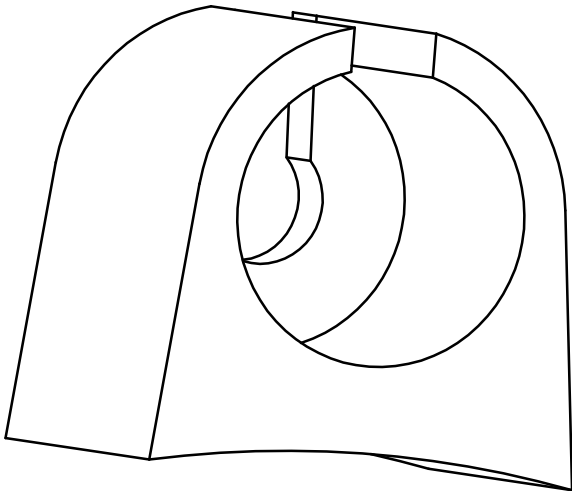


Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado

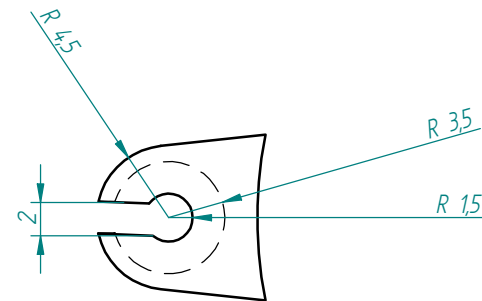
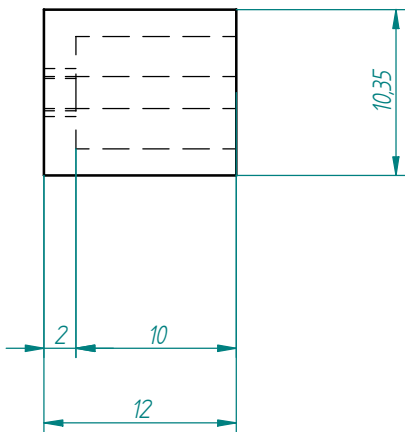
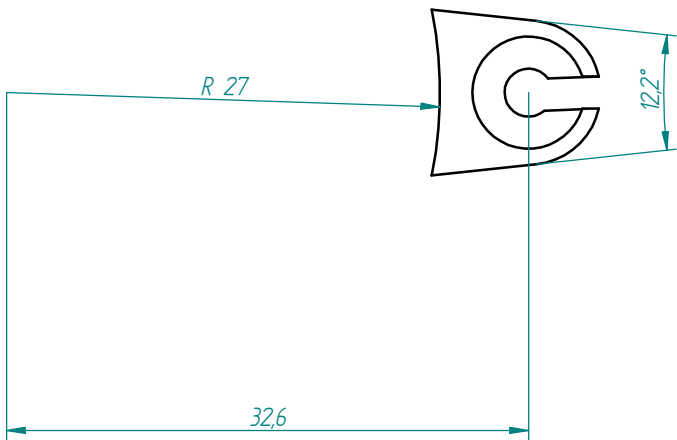
Número de elemento	Título	Cantidad
1	Triángulo delantero	1
2	Basculante trasero	1
3	Anclaje basculante	2
4	Balancín amortiguador	1
5	Anclaje balancín 1	2
6	Vaina 2	2
7	Anclaje basculante	2

Nombre	Fecha	SOLID EDGE	
Dibujado	Javier García	EDS-PLM SOLUTIONS	
Comprobado		Título	
Aprobado 1		Diseño de un cuadro de bicicleta de montaña	
Aprobado 2		Título	
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0,5 y ±1°		A2	Plano
		Despiece cuadro	
		Archivo: Planos geometria.dft	
Escala		1:2	Peso
		Hoja 2 de 2	

Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado

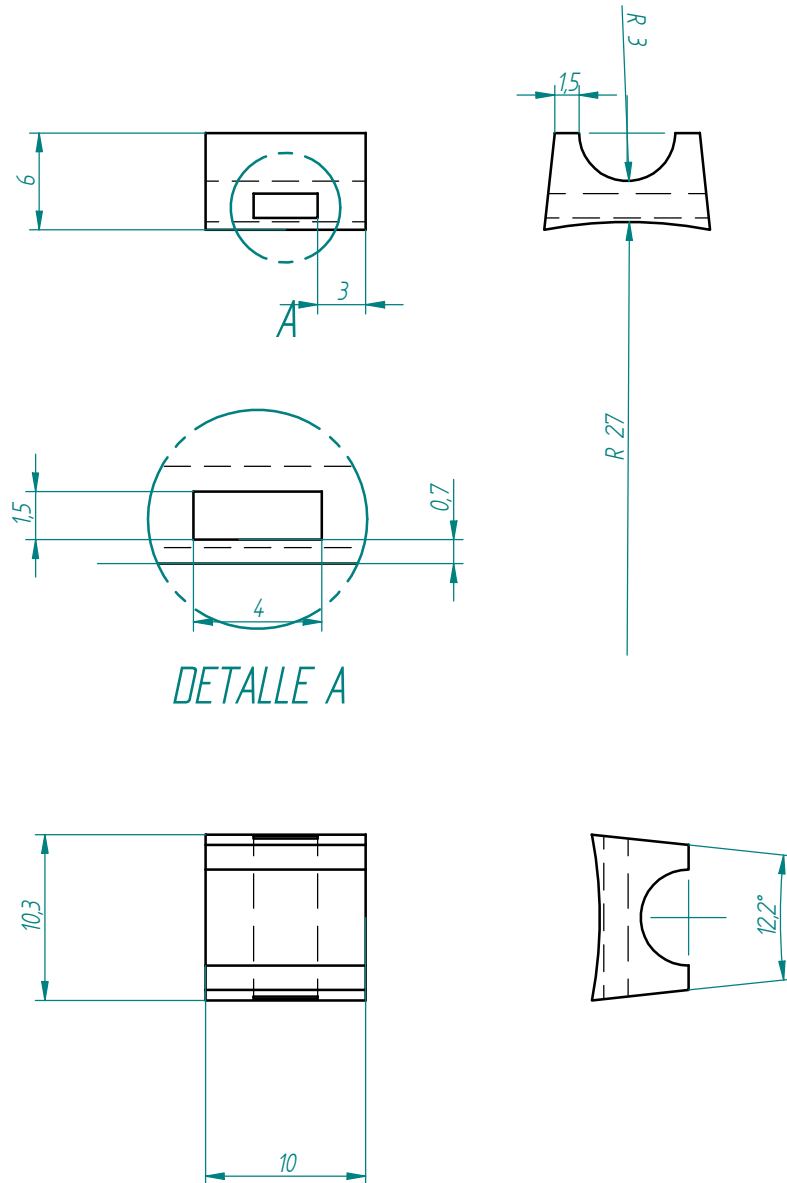


8:1



	Nombre	Fecha	<div>SOLID EDGE</div> <div>EDS-PLM SOLUTIONS</div>		
Dibujado	Javier Garcia	6/07/10			
Comprobado			Título <i>Diseño de un cuadro de bicicleta de montaña</i>		
Aprobado 1					
Aprobado 2					
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0,5 y ±1°			A3	Plano <i>Guía cables 1</i>	Rev
			Archivo: <i>Guía cables.dft</i>		
			Escala <i>3:1</i>	Peso	Hoja 1 de 1

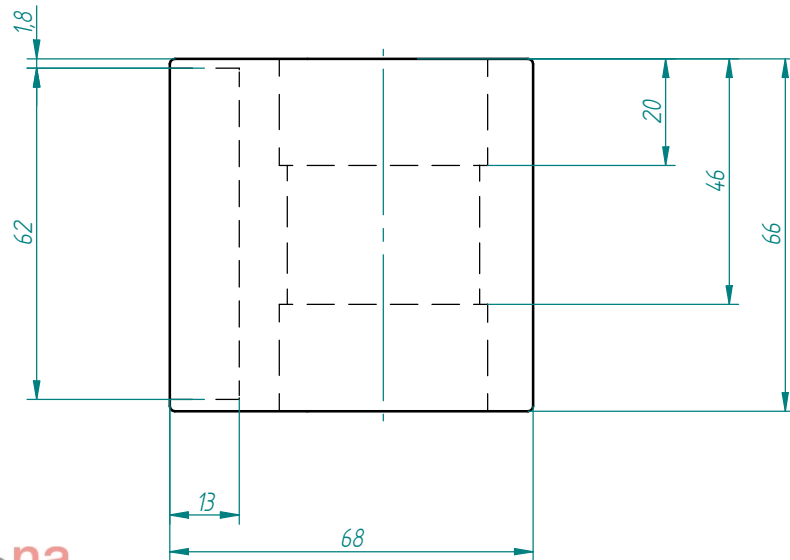
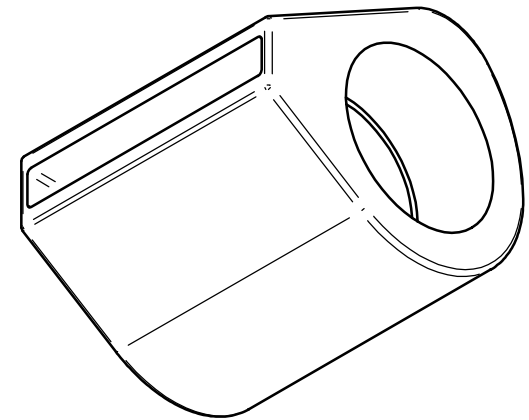
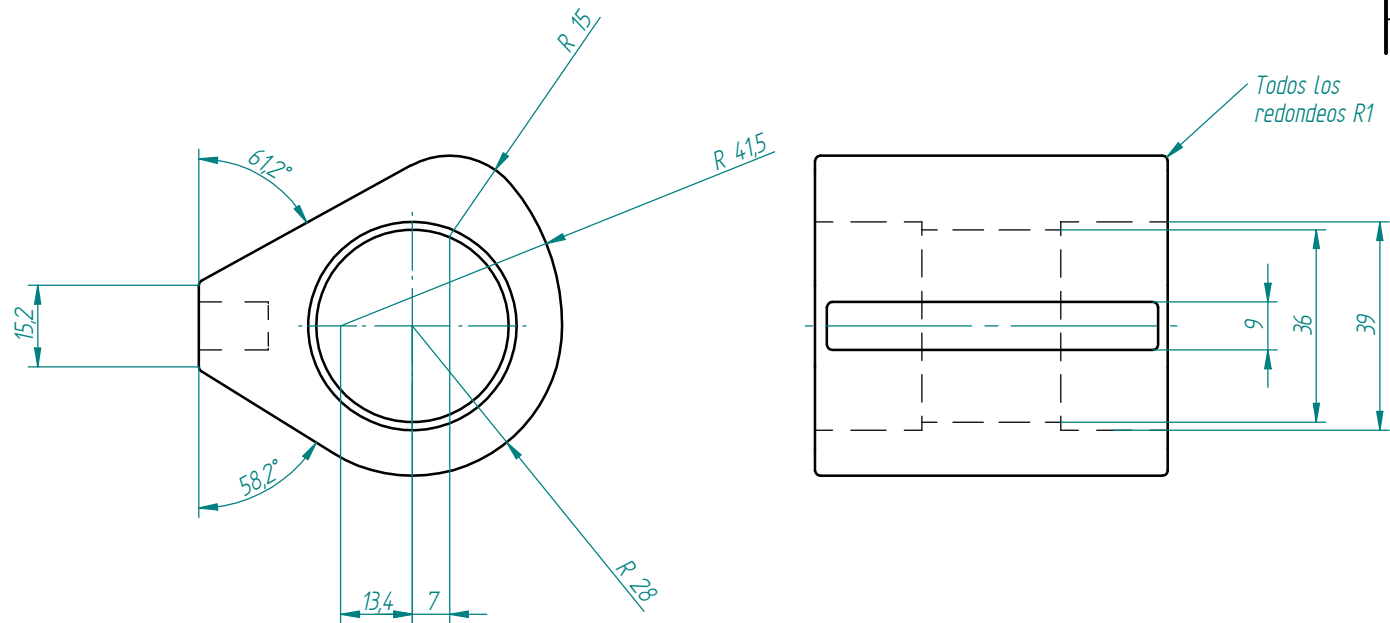
Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado



10:1

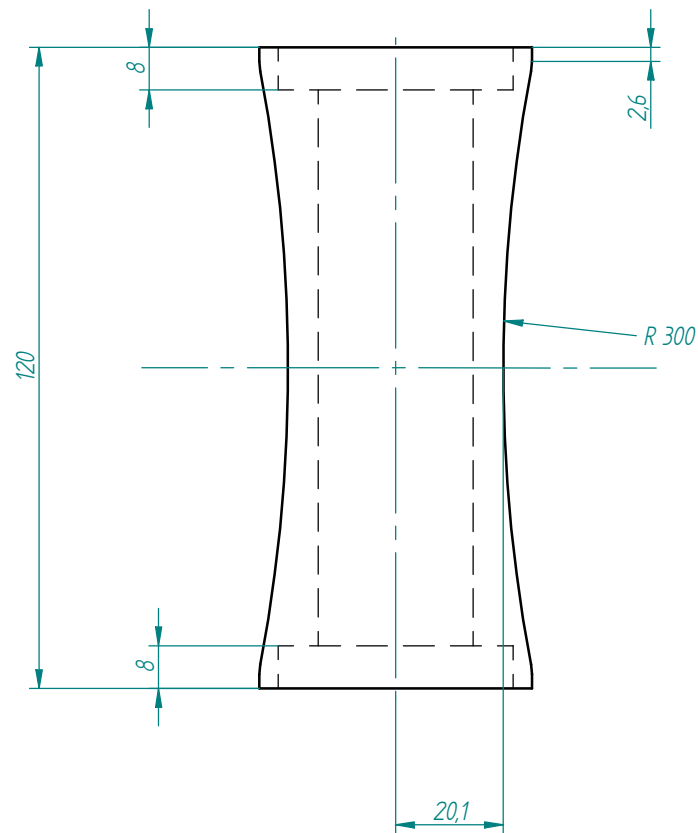
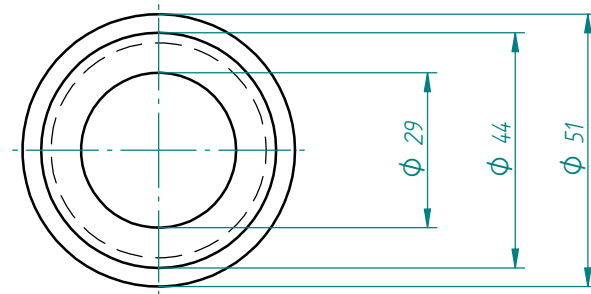
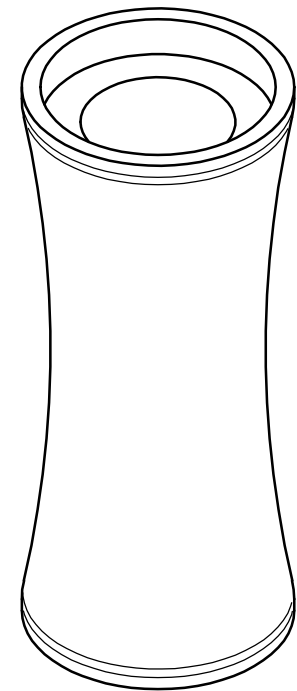
	Nombre	Fecha	<div>SOLID EDGE</div> <div>EDS-PLM SOLUTIONS</div>		
Dibujado	Javier García	7/07/10			
Comprobado			Título <i>Diseño de un cuadro de bicicleta de montaña</i>		
Aprobado 1					
Aprobado 2					
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0,5 y ±1°			A3	Plano <i>Guía cables 2</i>	Rev
			Archivo: <i>Guía cables frenos.dft</i>		
			Escala <i>3:1</i>	Peso	Hoja 1 de 1

Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado



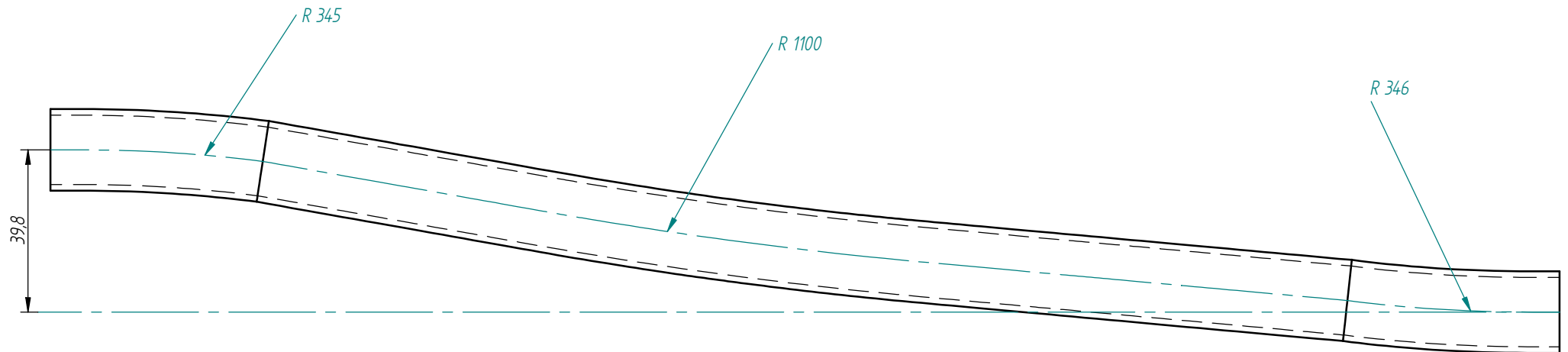
Nombre		Fecha	
Dibujado		7/07/10	
Comprobado			
Aprobado 1			
Aprobado 2			
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0,5 y ±1°		Título	
		Diseño de un cuadro de bicicleta de montaña	
		Rev	
A3		Plano	
Escala		1:1	
Peso		Hoja 1 de 1	

Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado

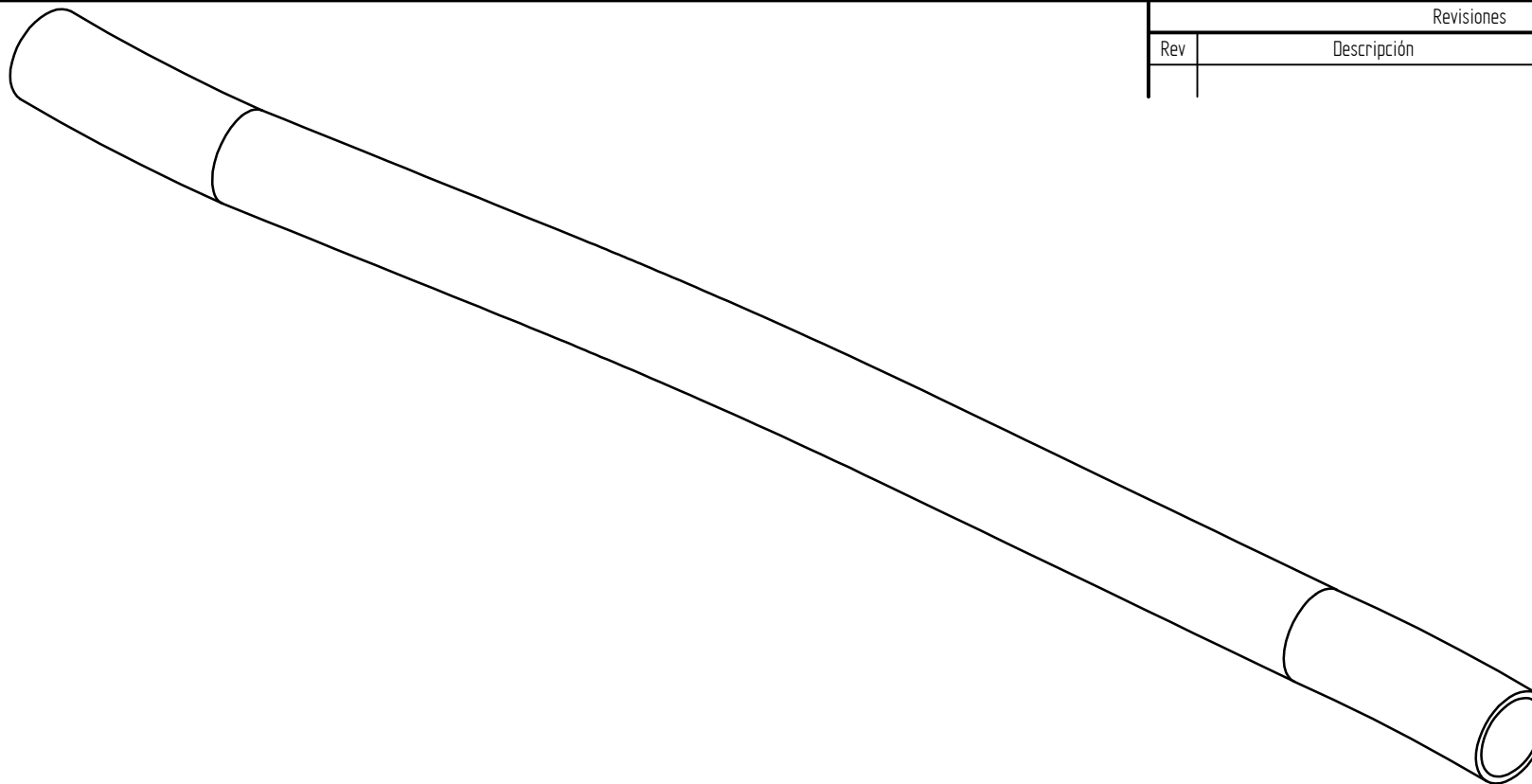


		Nombre	Fecha	<div>SOLID EDGE</div> <div>EDS-PLM SOLUTIONS</div> <div>Título <i>Diseño de un cuadro de bicicleta de montaña</i></div> <div>A3 Plano <i>Pipa dirección</i></div> <div>Archivo: <i>Pipa dirección molde.dft</i></div> <div> <div>Escala 1:1</div> <div>Peso</div> <div>Hoja 1 de 1</div> </div>	
Dibujado	Javier Garcia	7/07/10			
Comprobado					
Aprobado 1					
Aprobado 2					
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0,5 y ±1°				Rev	

Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado



Nombre	Fecha	SOLID EDGE EDS-PLM SOLUTIONS	
Dibujado	Javier Garcia		
Comprobado		Título	Diseño de un cuadro de bicicleta de montaña
Aprobado 1			
Aprobado 2			
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0,5$ y $\pm 1^\circ$		A3	Plano Trayectoria tirantes carbono
		Archivo: Tirantes carbono 5.dft	
		Escala	1:1
		Peso	
		Hoja 1 de 2	



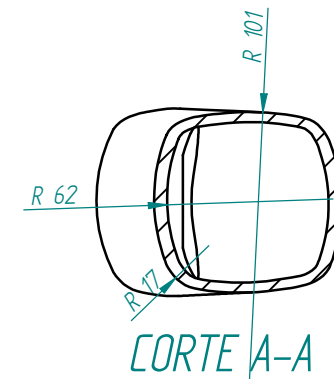
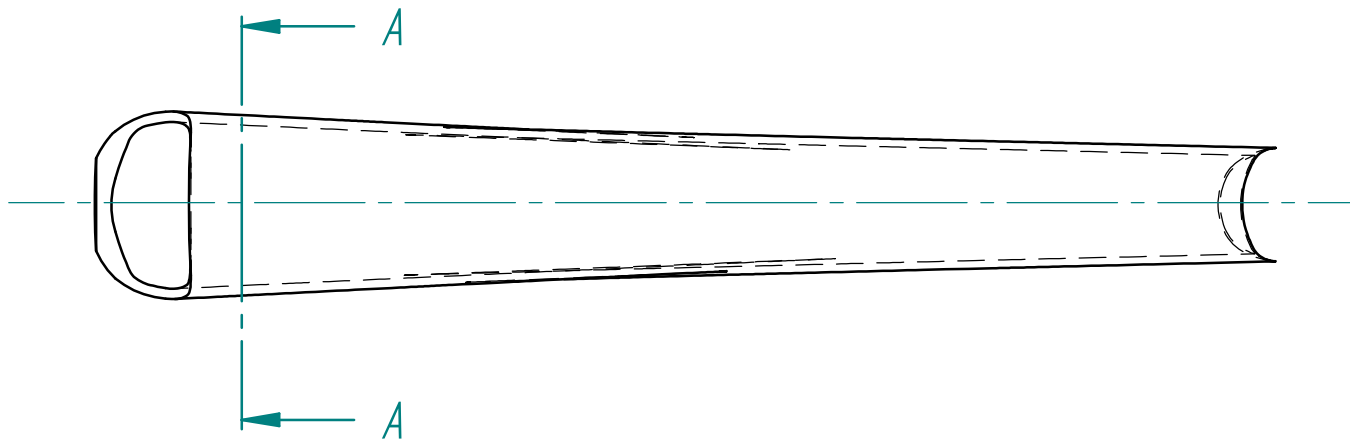
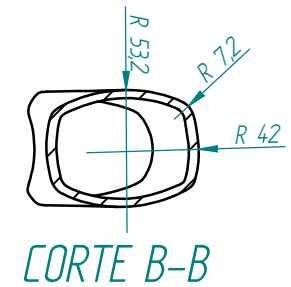
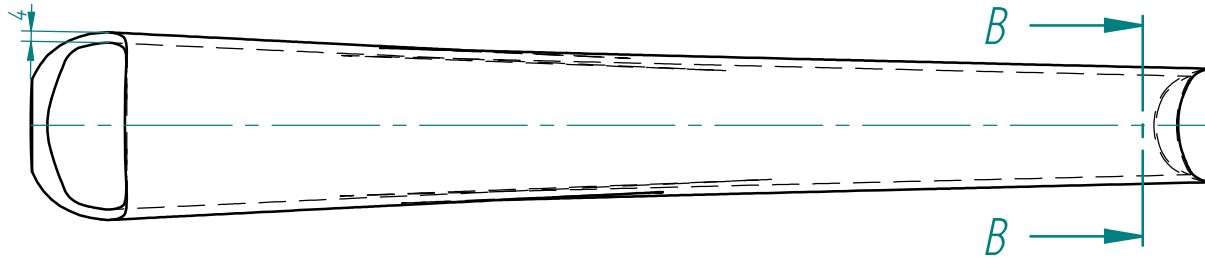
370

20

17

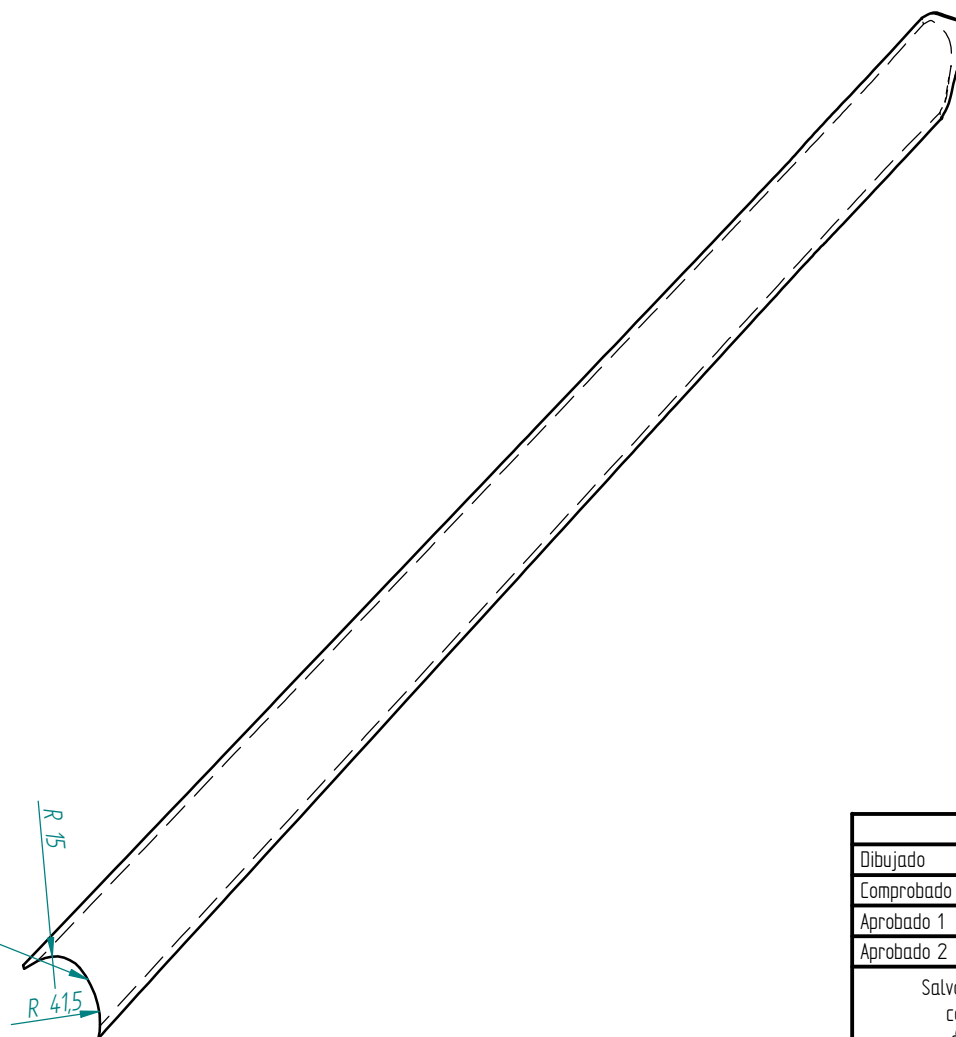
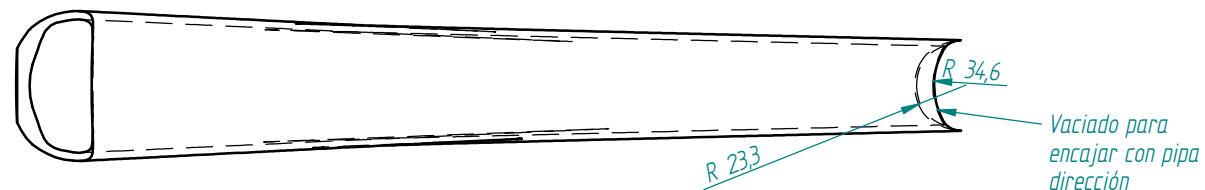
	Nombre	Fecha	SOLID EDGE EDS-PLM SOLUTIONS	
Dibujado	Javier Garcia	7/07/10		
Comprobado				
Aprobado 1				
Aprobado 2				
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0,5$ y $\pm 1^\circ$			Título	Diseño de un cuadro de bicicleta de montaña
			A3	Plano Tirantes de carbono
			Rev	
			Archivo: Tirantes carbono 5.dft	
			Escala	1:1
			Peso	
			Hoja 2 de 2	

Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado



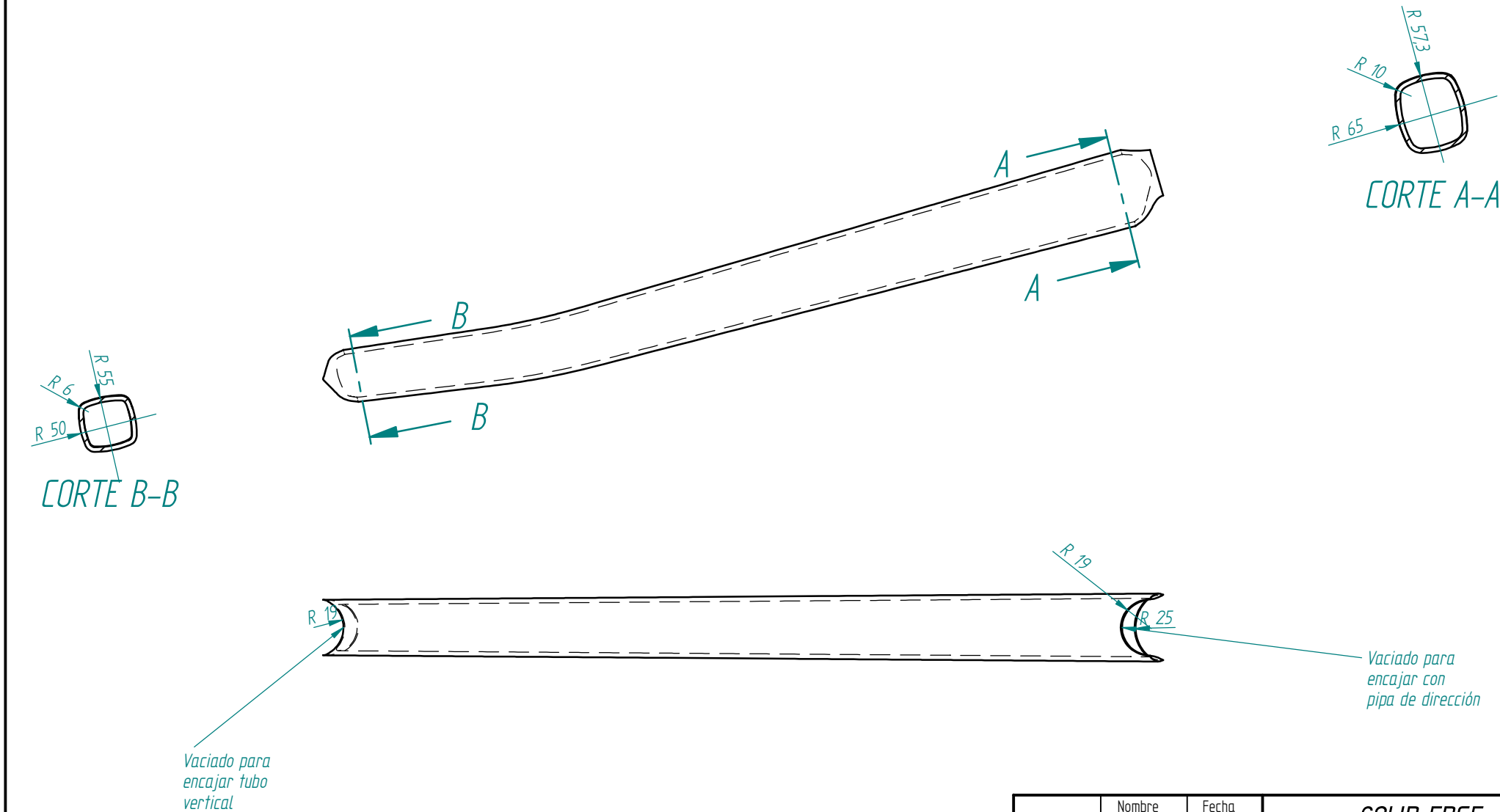
	Nombre	Fecha	SOLID EDGE EDS-PLM SOLUTIONS	
Dibujado	Javier Garcia	7/07/10		
Comprobado			Título <i>Diseño de un cuadro de bicicleta de montaña</i>	
Aprobado 1				
Aprobado 2			Archivo: <i>Tubo inferior.dft</i>	
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0,5$ y $\pm 1^\circ$			A3 Plano <i>Secciones y trayectoria tubo inferior</i>	Rev
			Escala 1:2	Peso Hoja 1 de 2

Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado

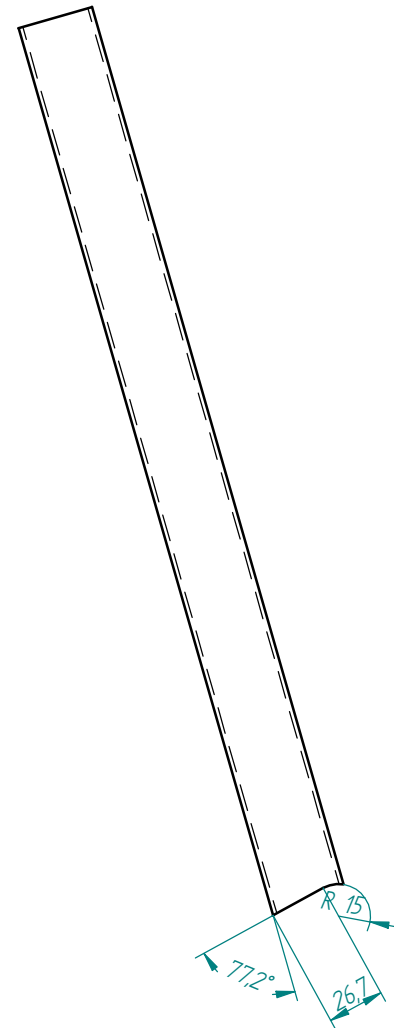
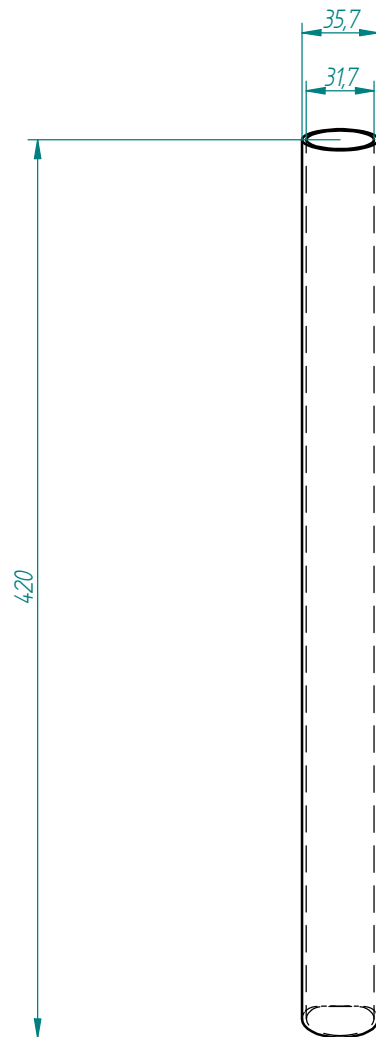


Nombre	Fecha	SOLID EDGE EDS-PLM SOLUTIONS	
Dibujado	Javier Garcia		
Comprobado		Título <i>Diseño de un cuadro de bicicleta de montaña</i>	
Aprobado 1			
Aprobado 2			
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0,5$ y $\pm 1^\circ$		A3	Rev
		Plano <i>Anotaciones tubo inferior</i>	
		Archivo: <i>Tubo inferior.dft</i>	
Escala		1:2,5	Peso
		Hoja 2 de 2	

Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado



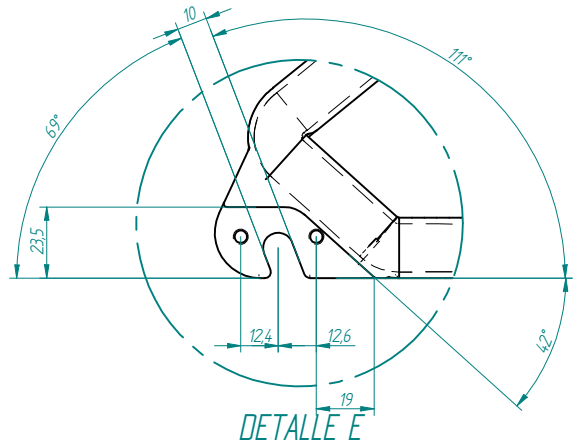
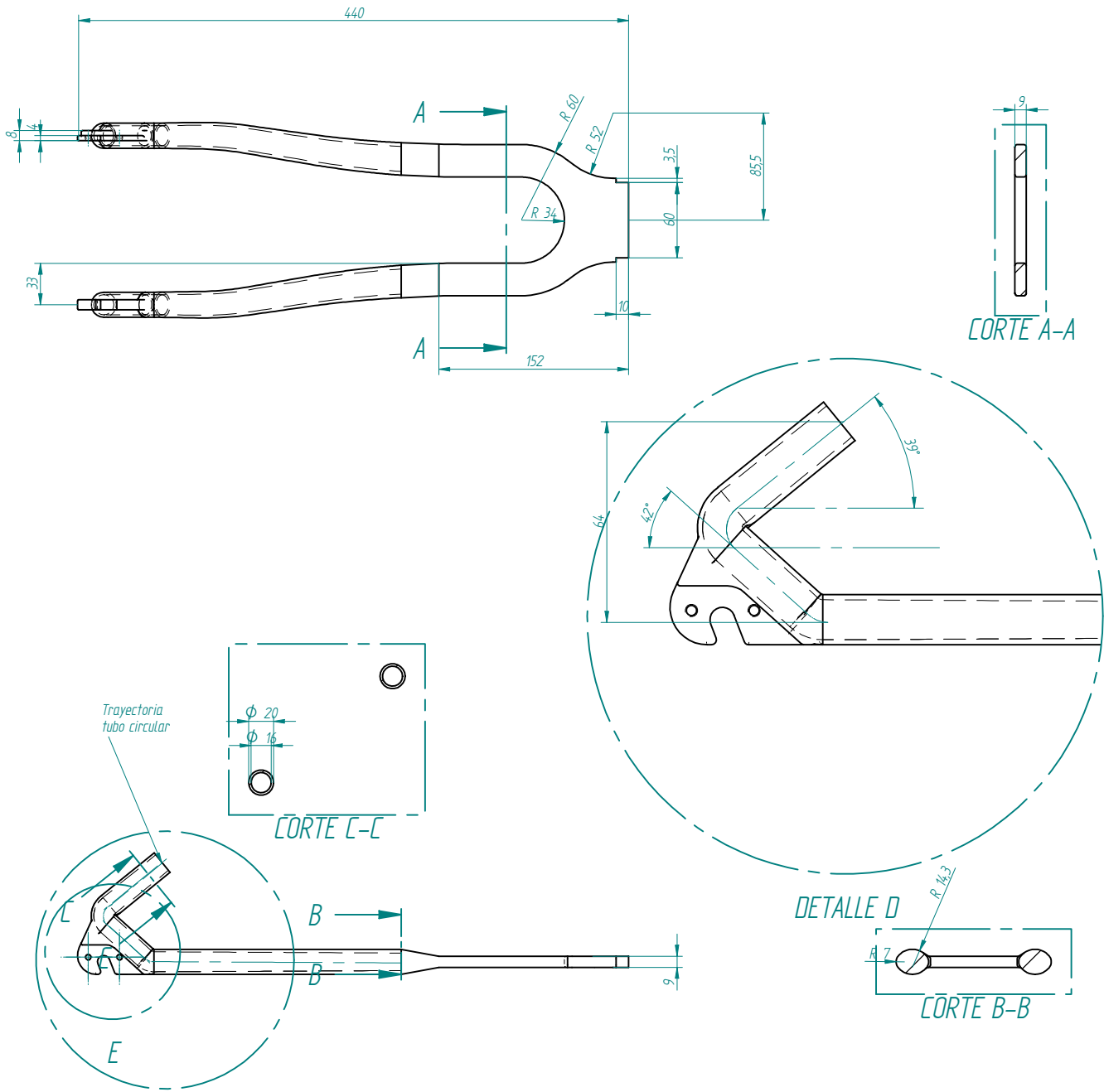
	Nombre	Fecha	<div>SOLID EDGE</div> <div>EDS-PLM SOLUTIONS</div>		
Dibujado	Javier Garcia	7/07/10			
Comprobado			Título <i>Diseño de un cuadro de bicicleta de montaña</i>		
Aprobado 1					
Aprobado 2					
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0,5 y ±1°			A3	Plano <i>Tubo superior</i>	Rev
			Archivo: <i>Tubo superior.dft</i>		
			Escala 1,25	Peso	Hoja 1 de 1



Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado

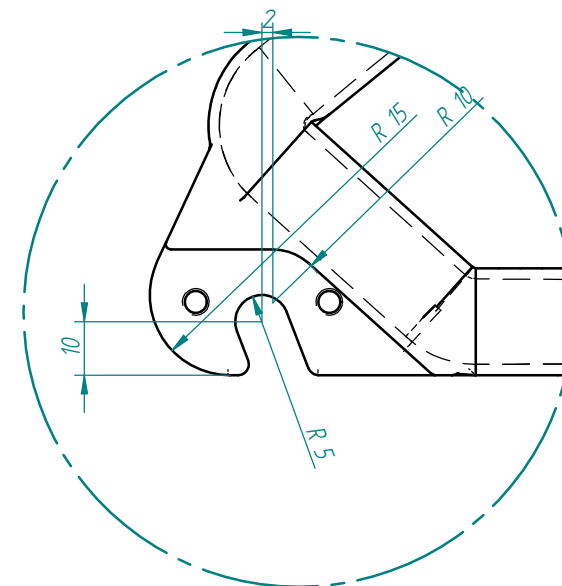
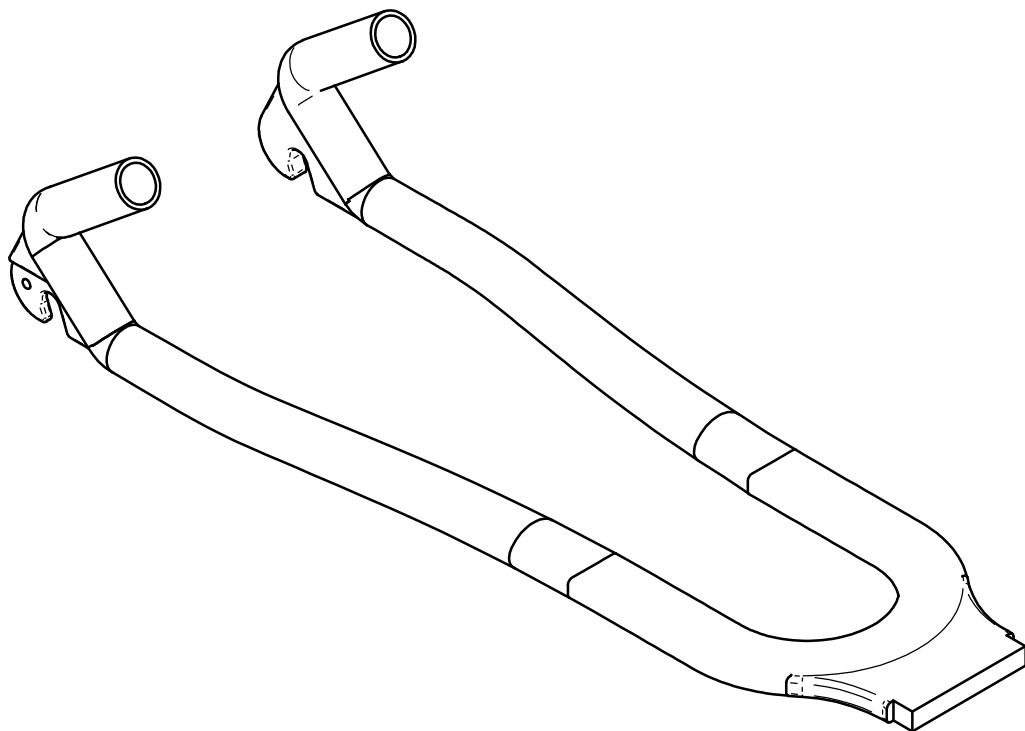
	Nombre	Fecha	SOLID EDGE EDS-PLM SOLUTIONS	
Dibujado	Javier Garcia	7/07/10		
Comprobado			Título <i>Diseño de un cuadro de bicicleta de montaña</i>	
Aprobado 1				
Aprobado 2				
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0,5$ y $\pm 1^\circ$			A3	Plano <i>Tubo vertical</i>
			Archivo: <i>Tubo vertical .dft</i>	
			Escala <i>1:2,5</i>	Peso <i>Hoja 1 de 1</i>

Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado

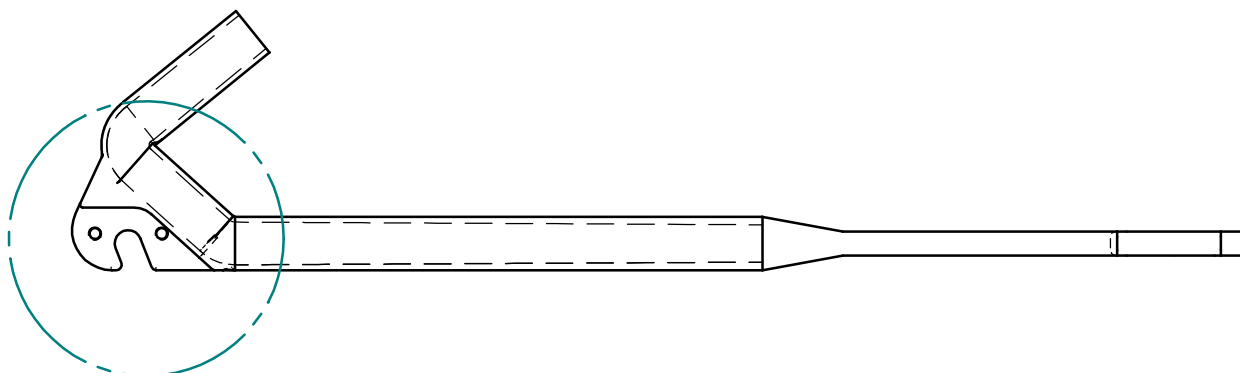


Nombre	Fecha	SOLID EDGE	
Dibujado	Javier García	EDS-PLM SOLUTIONS	
Comprobado		Título	
Aprobado 1		Diseño de un cuadro de bicicleta	
Aprobado 2		de montaña	
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0,5 y ±1°		A2	Plano
		Basculante trasero	
		Archivo: Basculante trasero 6.dft	
		Escala	1:25
		Peso	Hoja 1 de 2

Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado



DETALLE F



	Nombre	Fecha	<div>SOLID EDGE</div> <div>EDS-PLM SOLUTIONS</div>		
Dibujado	Javier Garcia	6/07/10			
Comprobado			Título <i>Diseño de un cuadro de bicicleta de montaña</i>		
Aprobado 1					
Aprobado 2			A3Plano <i>Detalle basculante</i> Rev		
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0,5 y ±1°					
			Archivo: <i>Basculante trasero 6.dft</i>		
			Escala 1:2	Peso	Hoja 2 de 2



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

DISEÑO DE UN CUADRO DE BICICLETA DE
MONTAÑA

PRESUPUESTO

Javier Garcia Romeo

Ignacio Latorre Biel

Tudela, 15 Julio de 2010

PRESUPUESTO

Diseño de un cuadro de bicicleta de montaña
Javier Garcia Romeo

INDICE:

1. Presupuesto	3
1.1 Materiales	3
1.2 Realización modelo a escales	3
1.2.1 Prototipado rápido	3
1.2.2 Montaje prototipo	4
1.3 Presupuesto final	4

1. Presupuesto

En este apartado se va a proceder a realizar el presupuesto del proyecto realizado como final de carrera. El presupuesto se dividirá en dos grandes grupos:

- Precio materiales ha utilizar.
- Fase de realización de un modelo a escala de cuadro. Esta fase comprende desde el prototipo rápido, la limpieza de las piezas, montaje, recubrimiento y acabado.

1.1 Materiales

En este apartado se va ha hacer un desglose del coste total de los productos que tenemos que utilizar a la hora de realizar el prototipo del cuadro de la bicicleta de montaña. A continuación se hace un desglose de todos los materiales que se van a utilizar y el coste total de los mismos.

- Tejido de Carbono Sarga 2x2 de 3K y 200 gr/cm ² x 5m ²	152,75€
- Malla de carbono tubular de 45gr/m lineal y 30 mm de diámetro	55,00 €
- Resina Resoltech 1050 + catalizador 1058	30,00 €
- Otros	20,00 €
- Brocha para aplicar pegamento	2,00 €
- Resina Resoltech 1070 + catalizador 1075S	30,00 €
- Pegatinas	<u>20,00 €</u>
Total	309,75 €

Este sería el precio de todas las materias primas que se necesitan para la realización del prototipo, además de la que se usa en la parte del prototipado a escala.

1.2 Realización modelo a escala

Esta fase se va a dividir en dos partes diferentes, la parte del prototipado rápido y la parte de montaje del prototipo en la cual a participado el técnico del taller de la Upna en Tudela.

1.2.1 Prototipado rápido

En esta fase el presupuesto que se va a dar va a ser el debido al uso de la prototipadora rápida, el trabajo de preparación de la misma por el técnico y el material que ha utilizado la prototipadora para realizar las piezas y moldes necesarios para la realización de este prototipo.

A continuación se incluyen varias tablas en las que se desglosan todos los costes de este proceso:

FUNCIONES	Nº HORAS	€/HORA	PRECIO (€)
Funcionamiento maquina	64	25	1600
Mantenimiento maquina	64	3	192
Trabajo de elaboración del técnico	6	60	360
TOTAL			2152

Tabla costes trabajo máquina y técnico en taller

PIEZAS	CANTIDAD	VOL. UNIDAD (mm ³)	VOL. TOTAL (mm ³)	PESO TOTAL (Kg)	PRECIO (€)
Tubos	2	2917600,0000	5835200,0000	11,0869	665,2128
Basculante	1	1687100,0000	1687100,0000	3,2055	192,3294
Resto piezas	2	1081000,0000	2162000,0000	4,1078	246,4680
PRECIO TOTAL MATERIAL					1104,0102

Tabla costes material utilizado por la máquina

Coste Funciones	2152 €
Coste material empleado	1104,0102 €
18% IVA	586 €
Total	3842,09

Tabla costes totales prototipado

Por lo tanto el coste total de este proceso es de **3842,09 €** a este coste hay que sumarle las horas que el técnico ha empleado en el montaje del cuadro.

1.2.2 Montaje del prototipo

En esta fase vamos a poner el coste de la hora de trabajo del técnico, aunque ya lo he nombrado en una de las tablas anteriores.

- Coste hora trabajo técnico taller	60 €
- Nº total de horas empleadas	<u>90</u>
	5400 €
	+18% IVA
	972€
TOTAL	6372

1.3 Presupuesto final prototipo

En este apartado se van a sumar todos los costes anteriormente para dar la suma total de los costes y con ello el presupuesto de la elaboración del prototipo.

- Materiales	309,75 €
- Prototipado rápido	3842,0102 €
- Montaje prototipo	<u>6372 €</u>
TOTAL	10523,7602 €

Por lo tanto el coste final de la fabricación del prototipo del cuadro de bicicleta de montaña diseñado asciende a **10523,7602 €**